



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT_2025_FIAS-022

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“Emisiones de material particulado generado por el tránsito vehicular en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022”.

Presentado por:

CRYSTELL MARCELA RICHARTE ESCUDERO

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 11%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20162247**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

18 de Febrero del 2025.



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria



TESIS:

**Emisiones de material particulado generado por el tránsito
vehicular en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica,
2022**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

Presentado por:

Bach. RICARTE ESCUDERO CRYSTELL MARCELA

Ica – Perú

2026

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia, a cada uno de mis hermanos por su apoyo y palabras de aliento. A mi Padre, por sus consejos enriquecedores y orientación profesional. En especial quiero hacer mención, a mi Madre por ser mi fiel compañera y acompañarme en cada momento de esta travesía universitaria.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme concluir con éxito esta carrera y hacerme recordar que sus tiempos son perfectos. A los docentes de mi Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, por los conocimientos brindados a lo largo de estos años de estudio.

Agradecer a mi asesor, el Dr. Pedro Córdova Mendoza, por su tiempo, sus consejos y orientación en el desarrollo del presente trabajo de investigación de tesis.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Situación problemática	13
1.2. Antecedentes del problema.....	13
1.2.1. Antecedentes Internacionales	13
1.2.2. Antecedentes nacionales	15
1.2.3. Antecedentes locales	16
1.3. Bases teóricas.....	17
1.3.1. Dispersión de contaminantes.....	17
1.3.2. Concentraciones de material particulado a nivel del suelo	17
1.3.3. Clasificación y fuente de material particulado (PM).....	18
1.3.4. Fuente puntual continua	18
1.3.5. Origen, tamaño y distribución del material particulado en la atmósfera.....	19
1.3.6. Material particulado	19
1.3.7. Calidad de aire.....	19
1.4. Formulación del problema	20
1.4.1. Problema general.....	20
1.4.2. Problemas específicos	20
1.5. Objetivos de la investigación	20
1.5.1. Objetivo principal.....	20
1.5.2. Objetivos Específicos.....	21
1.6. Hipótesis de investigación.....	21
1.6.1. Hipótesis principal.....	21
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	21
1.6.3. Variables de investigación	21
1.7. Justificación e importancia.....	22
1.7.1. Justificación.....	22
1.7.2. Importancia	23

1.8. Definiciones conceptuales	24
1.8.1. Partículas (PM).....	24
1.8.2. Contaminación Atmosférica.....	24
1.8.3. Estándares de Calidad del Aire (ECA).....	24
1.8.4. Concentración	24
1.8.5. Límites Máximos Permisibles (LMP)	24
1.8.6. Gravimetría	24
1.8.7. Impacto Ambiental.....	25
1.8.8. Inmisión y Emisión	25
1.8.9. Material particulado respirable (MPR).....	25
1.8.10. Material Particulado (MP).....	25
1.8.11. Microgramos (μg)	25
1.8.12. Microgramos por Metro Cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25
1.8.13. Monitoreo	26
1.8.14. Nano gramo (ng).	26
1.8.15. Partes por Millón (ppm)	26
1.8.16. Partículas en Suspensión	26
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	27
2.1. Área de estudio	27
2.2. Puntos de monitoreo de calidad de aire	27
2.3. Número de puntos de muestreo sugerido por la OMS Y EPA.....	29
2.4. Metodología de investigación	30
2.4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	30
2.4.2. Población y muestra	31
2.4.3. Técnicas de recolección de datos	32
2.4.4. Instrumentos de recolección de datos.....	32
2.4.5. Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados.....	34
2.5. Norma de calidad ambiental para el aire.....	35
2.5.1. Ley General del Ambiente (Ley N°28611, LGA).....	35
2.5.2. Ley Orgánica de Municipalidades Ley N°27972	35
2.5.3. Decreto Supremo N°003 – 2017 - MINAM Estándares nacionales de calidad ambiental del aire.	35
III. RESULTADOS.....	37
3.1. Determinar la influencia de la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular en la calidad del aire en la ctra. panamericana sur, Ica, 2022.	37
3.2. Monitorear los parámetros meteorológicos que influyen en la concentración de material particulado pm2.5 en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022	39

3.3. Evaluar si la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular cumple con la norma ambiental en la ctra. sur 2, Ica, 2022	45
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.1. Discusión del resultado de la influencia de la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular en la calidad del aire en la ctra. panamericana sur, Ica, 2022.....	51
4.2. Discusión del resultado de los parámetros meteorológicos que influyen en la concentración de material particulado pm2.5 en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022.....	51
4.3. Discusión del resultado si la emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular cumple con la norma ambiental, en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica.	52
V. CONCLUSIONES	54
VI. RECOMENDACIONES	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXO	62
ANEXO 1.....	63
ANEXO 2: CADENA DE CUSTODIA.....	65
ANEXO 3.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Número de estaciones de muestreo de la calidad del aire sugerido	30
Tabla 2	Parámetros meteorológicos, mes octubre y mes enero	32
Tabla 3	Normas de calidad ambiental del aire, material particulado en el Perú	36
Tabla 4	Resultado del muestreo de calidad del aire	37
Tabla 5	Resultados de la medición meteorológica RE-01	39
Tabla 6	Resultados de la medición meteorológica RE-02	42
Tabla 7	Descripción y ubicación en coordenadas UTM de los puntos de monitoreo de calidad de aire.....	45
Tabla 8	Resultado de las estaciones de muestreo de la calidad del aire, mes de agosto, setiembre y octubre.....	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 sistema de coordenadas y nomenclatura para idea gaussiana columna de humo	17
Figura 2 Área de estudio Panamericana Sur-Distrito de Ica	27
Figura 3 Puntos de Monitoreo de calidad de aire. Agosto-2022.....	28
Figura 4 Puntos de Monitoreo de calidad de aire. octubre-2022	29
Figura 5 Pasos a realizar en el muestreo de material particulado 2.5, HI-VOL.....	34
Figura 6 Monitoreo, en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica, mes agosto-2022	38
Figura 7 Monitoreo, en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica, mes setiembre-2022	38
Figura 8 Monitoreo, en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica, mes octubre-2022	39
Figura 9 Rosa de viento. RE-01	42
Figura 10 Rosa de viento. RE-02	44
Figura 11 Punto ubicado en la azotea de una vivienda frente a ELECTRODUNAS	46
Figura 12 Punto ubicado a 100 m. del grifo REPSOL, en la azotea de una vivienda.....	46
Figura 13 Distribución de t-Student para el monitoreo del PM2.5, carretera panamericana sur 2, Ica.....	49

RESUMEN

Objetivo, fue explicar que la emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular influye en la calidad del aire, carretera panamericana sur 2, Ica, 2022. **Material y Métodos** estudio de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo, observacional y de nivel descriptivo, presenta un diseño no experimental y longitudinal. **Resultados**, el muestreo en el mes de setiembre-2022, la concentración fue ligeramente mayor en los puntos RE-1, ($17.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y RE-2 ($19.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$), que la estación de muestreo realizado en agosto-2022 en los puntos RE-1, ($17.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y RE-2 ($18.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y la estación de muestreo realizado en octubre-2022 en los puntos RE-1, ($17.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y RE-2 ($19.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$). **Discusión**, se aplicó el t-student para comparar las concentraciones de material particulado PM2.5 registradas en los puntos de muestreo RE-01 y RE-02. Los muestreos realizados se llevaron a cabo con una significancia considerada $p=0.05$ y un grado de libertad (gl) de 5. El valor del $t_{\text{Experimental}}$ registrado fue de (-4.3499) y el t_{Critico} (-2.0150). Por lo tanto, se aceptó la hipótesis alterna. **Conclusión**, Se concluye que los resultados indicaron que las concentraciones de material particulado PM2.5 se encuentran por debajo de los límites establecidos por la norma ambiental DS N°003-2017-MINAM, entonces la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 cumple con los estándares establecidos por las autoridades ambientales.

Palabras Claves: *Emisión de Material Particulado, medio ambiente; tránsito vehicular.*

SUMMARY

Objective was to explain that the emission of particulate matter generated by vehicular traffic influences air quality, South Pan-American Highway 2, Ica, 2022. **Material and Methods** this applied study, with a quantitative, observational, and descriptive approach, presents a non-experimental and longitudinal design. Results, the sampling in the month of September-2022, the concentration was slightly higher at points RE-01, ($17.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), and RE-02 ($19.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$), than the sampling station carried out in August -2022 at points RE-1, ($17.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and RE-02 ($18.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and the sampling station carried out in October-2022 at points RE-01, ($17.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and RE -02 ($19.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$). **Discussion**, the t-student test was applied to compare the concentrations of PM2.5 particulate matter recorded at the RE-01 and RE-02 sampling points. The samplings carried out were carried out with a significance considered $p=0.05$ and a degree of freedom (df) of 5. The value of the tExperimental registered was (-4.3499) and the tCritical (-2.0150). Therefore, the alternate hypothesis was accepted. **Conclusion**, It is concluded that the results indicated that the concentrations of particulate matter PM2.5 are below the limits established by the environmental standard DS N°003-2017-MINAM, then the emission of particulate material generated by vehicular traffic in the Panamericana Sur 2 highway complies with the standards established by the environmental authorities.

Keywords: *Emission of Particulate Material, environment; vehicular traffic.*

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire constituye uno de los principales problemas ambientales y de salud pública en todo el mundo, especialmente en las zonas urbanas con alta densidad de tráfico vehicular. En este contexto, la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular se identifica como una de las principales fuentes de contaminación atmosférica.

La calidad del aire se ha convertido en un tema de gran importancia debido a los efectos negativos que pueden causar la presencia de contaminantes atmosféricos tanto en la salud humana y como en el medio ambiente. El material particulado es una mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, que pueden ser inhaladas por las personas y causar efectos nocivos en su salud, como problemas respiratorios y cardiovasculares. Asimismo, el material particulado puede afectar la calidad del aire, reducir la visibilidad y generar impactos negativos en los ecosistemas.

En particular, la carretera Panamericana Sur es una vía de alta circulación vehicular en la región, lo que la convierte en un punto crítico en términos de emisiones de contaminantes atmosféricos. Es por ello que se llevó a cabo una investigación sobre las emisiones de material particulado en la zona, con el objetivo de evaluar su impacto en la calidad del aire.

En este estudio se realizaron mediciones del aire en dos puntos de la carretera (RE-01 y RE-02) con el fin de determinar los niveles de concentración de material particulado. Los resultados obtenidos revelaron que los niveles de concentración en ambas ubicaciones se mantuvieron por debajo del límite máximo establecido en la norma nacional DS N°003-2017-MINAM.

En este contexto, resulta fundamental profundizar en el análisis de los datos obtenidos para entender las causas de estos altos niveles de emisiones de material particulado y diseñar estrategias que permitan reducir su impacto en la calidad del aire y en la salud de la población cercana a la carretera. Este trabajo presenta los resultados de la investigación realizada y sus implicaciones para la gestión ambiental y la salud pública.

En el caso específico de la carretera Panamericana Sur, que conecta varias ciudades importantes en el sur del país, el tránsito vehicular es alto y se espera que la emisión de material particulado sea significativa. Por lo tanto, es importante realizar estudios que monitoreen la calidad del aire en la zona para conocer el nivel de contaminación y sus efectos en la salud de las personas y el medio ambiente. La investigación titulada "Emisiones de material particulado generado por el tránsito vehicular en la calidad del aire, carretera Panamericana Sur" proporciona información valiosa sobre la calidad del aire en dos puntos específicos a lo largo de esta importante carretera,

RE-01 y RE-02, lo que ayudará a las autoridades y a la población a tomar medidas para reducir la contaminación del aire en la zona.

1.1. Situación problemática

“El mundo de hoy se enfrenta a importantes problemas ambientales, es el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono, la acumulación de desechos, etc., en las últimas décadas, la investigación indica que el clima global está cambiando rápidamente”[1] y [2] y también “revela el hecho de que este cambio continuará con el tiempo. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de mitigar estos problemas indeseables derivados de nuestra forma de vida moderna para salvar nuestro medio ambiente y nuestro mundo” [3].

Al igual que ocurre en China, la ciudad de Yangon en Myanmar se destaca por ser una de las ciudades más densamente pobladas y urbanizadas. Según las estadísticas del Departamento de Población, la densidad de población en Yangon es la más alta del país, con 716 personas por kilómetro cuadrado. [4]. Debido a los recientes cambios en las regulaciones de importación de vehículos, se ha observado un incremento significativo en la cantidad de vehículos de motor en Yangon. El número de vehículos registrados ha experimentado un notable aumento, pasando de alrededor de 480,000 vehículos en 2013.[5] a más de 870,000 vehículos en abril de 2018 [6], además, debido al aumento de las inversiones en la economía basada en la industria, también hay un fuerte desarrollo industrial en Yangon.

Estudios previos sobre la calidad del aire reportaron altos niveles de gases ácidos en el exterior, como el NO₂ y el SO₂ [7].

1.2. Antecedentes del problema

1.2.1. Antecedentes Internacionales

En la actualidad, los países en desarrollo, como India, enfrentan una crisis significativa de contaminación atmosférica. Esta problemática es impulsada por el rápido aumento de las emisiones, el cual corre en paralelo al crecimiento poblacional, la expansión industrial, la acelerada urbanización y el consecuente incremento en la demanda energética. Dentro de este contexto, el tránsito vehicular emerge como una de las fuentes principales de emisiones en entornos urbanos. La contaminación resultante, en gran medida atribuible al material particulado de los escapes, tiene efectos profundos y adversos sobre la visibilidad, los ecosistemas y, de manera crítica, sobre la salud humana [8]. “Un estudio previo evidenció que, en la India, la exposición sostenida a material particulado fino con diámetro aerodinámico igual o inferior a 2,5 µm (PM_{2.5})

estuvo asociada a entre 0,6 y 1 millón de muertes, atribuibles al deterioro de la calidad del aire y a sus efectos adversos sobre la salud pública [9] y [10].

El crecimiento demográfico y económico acelerado en los países en desarrollo ha incrementado sustancialmente la demanda global de energía. A partir de 1990, el consumo mundial se elevó en aproximadamente un 50% en solo 25 años, y se proyecta un aumento adicional del 28% para el periodo 2015-2040. Dentro de este panorama, los combustibles fósiles continúan dominando la matriz energética, siendo el sector del transporte uno de los principales consumidores. Se estima que, junto con la industria, este sector será responsable de alrededor del 75% del consumo total de energía para 2040, consolidando al parque vehicular como una fuente primordial de emisiones y desafíos para la calidad del aire [11].

La gestión de la calidad del aire urbano en Cuenca requiere, como base fundamental, la estimación de emisiones atmosféricas procedentes del tránsito vehicular [12]. Disponer de un inventario detallado de estas emisiones es crucial para evaluar con precisión el impacto de la contaminación sobre el aire, un recurso cuyo deterioro afecta directamente a la salud humana y a los ecosistemas [12]. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue cuantificar las emisiones de material particulado (PM) generadas específicamente por la flota vehicular, como uno de los contaminantes más representativos y críticos para la ciudad [12].

La contaminación del aire, impulsada en gran medida por las emisiones del parque vehicular y otras actividades antropogénicas, es un tema de creciente investigación a nivel global [13]. Este fenómeno, íntimamente ligado a la industrialización y al modelo de movilidad urbana, es una de las principales causas del deterioro de la salud pública, ya que respirar aire limpio es tan vital como consumir agua o alimentos seguros [13]. Sin embargo, especialmente en las ciudades de países en desarrollo, una parte significativa de la población está expuesta a respirar aire contaminado, donde el material particulado proveniente de la combustión de combustibles fósiles en el transporte representa una de las fuentes más críticas y difusas [13].

Para la gestión de la calidad del aire local, especialmente en el análisis de contaminantes como el material particulado de origen vehicular, países desarrollados han implementado ampliamente modelos de dispersión

atmosférica avanzados, como ADMS y AERMOD (EPA, 2009; CERC, 2006) [13]. Sin embargo, la aplicación efectiva de estas herramientas en ciudades de países en desarrollo y en contextos como el de Cuenca para el estudio del tránsito vehicular se ve limitada. Estas limitaciones se deben principalmente a la escasez de datos de entrada de calidad, los altos costos asociados a la recopilación y evaluación de dichos datos, y la inversión de tiempo que requiere su implementación [13]. El estudio propone un modelo gaussiano simplificado, diseñado para ser práctico y accesible al requerir un número limitado de parámetros de entrada. A diferencia de las aplicaciones tradicionales para fuentes industriales, este modelo se adaptó para simular la dispersión del material particulado (PM) proveniente del tránsito vehicular. Su objetivo principal fue cuantificar la contribución específica de las emisiones del corredor vial a la contaminación del aire ambiente y, con ello, evaluar los potenciales riesgos para la salud humana asociados a la exposición crónica [13].

1.2.2. Antecedentes nacionales

En el Perú, la contaminación del aire se ha convertido en una problemática de creciente importancia por sus efectos sobre el ambiente y la población. En este marco, las emisiones de material particulado asociadas al tránsito vehicular representan un factor crítico de presión ambiental, ya que influyen de manera directa en la calidad del aire a lo largo de corredores viales como la carretera Panamericana Sur, afectando ecosistemas frágiles y asentamientos humanos cercanos, particularmente en contextos donde las condiciones climáticas y geográficas incrementan la vulnerabilidad ambiental [14]. Diversas investigaciones señalan que ciertos contaminantes atmosféricos generan impactos directos sobre ecosistemas sensibles; entre ellos, el carbono negro, cuyas partículas, al depositarse sobre la superficie nival de los glaciares, disminuyen el albedo, favoreciendo una mayor absorción de radiación solar y acelerando los procesos de fusión [15] y, en consecuencia, intensifican el derretimiento de la nieve, al aumentar la absorción de energía térmica en la superficie glaciar [16].

La cordillera de los Andes sudamericanos, que se extiende a lo largo del flanco occidental de América del Sur, cumple una función clave en la dinámica atmosférica regional, actuando como una barrera natural que modula el desplazamiento de los vientos alisios provenientes del océano Atlántico y condiciona la dispersión y acumulación de contaminantes atmosféricos [17],

Los Andes centrales, donde se localiza gran parte del territorio peruano, concentran más del 99 % de los glaciares existentes en latitudes tropicales, siendo el Perú responsable de aproximadamente el 70 % de esta cobertura glaciar. En este contexto, el carbono negro, como componente altamente absorbente de los aerosoles carbonosos, ejerce una influencia significativa sobre la reflectancia de la nieve, alterando su balance radiactivo y favoreciendo procesos acelerados de fusión [15]y “un efecto directo sobre el forzamiento radiactivo de la nieve, que es tres veces más que el forzamiento de CO₂” [18]. Lo que demuestra la estrecha relación entre los procesos ambientales de escala regional y la contaminación del aire.

En los últimos años, la contaminación atmosférica se ha consolidado como una de las principales preocupaciones ambientales, debido a sus efectos sobre la salud y los ecosistemas. Si bien intervienen factores naturales, las actividades humanas, en particular el tránsito vehicular, constituyen una de las fuentes más relevantes de emisiones de material particulado, las cuales deterioran la calidad del aire en corredores viales de alta circulación [19].

Diversos estudios realizados a nivel nacional han identificado al tránsito vehicular como una de las principales fuentes de emisión de material particulado en los espacios urbanos del Perú. Los resultados de los monitoreos de calidad del aire muestran que, en los horarios de mayor flujo y congestión vehicular, se registran aumentos significativos en las concentraciones de partículas, asociados principalmente a los procesos de combustión de los motores, al desgaste de frenos y neumáticos y a la resuspensión del polvo acumulado en la superficie vial, factores estrechamente vinculados a la dinámica del tránsito en corredores de alta circulación [20].

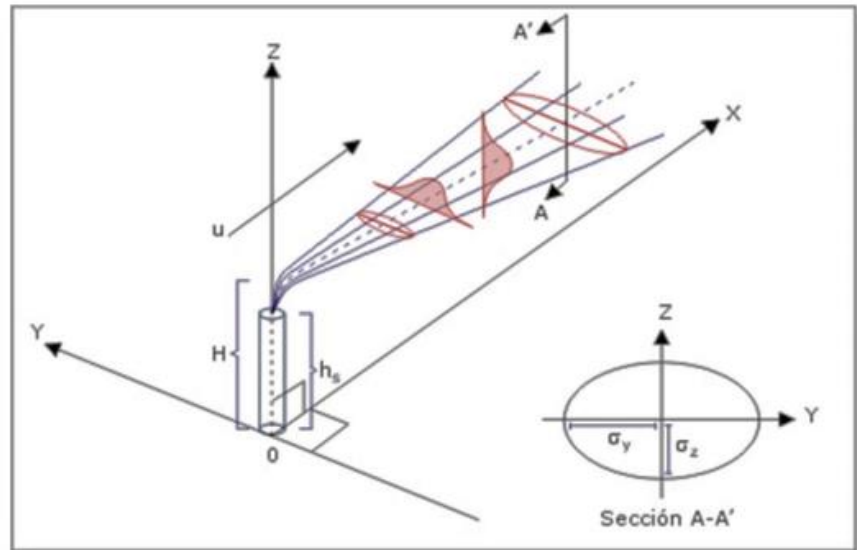
1.2.3. Antecedentes locales

“Con el fin de mitigar los efectos negativos de la polución atmosférica en la salud, es fundamental adquirir una comprensión global de la problemática. Sin embargo, debido a la falta de datos suficientes, la descripción del estado de la calidad del aire se ve restringida. Por tanto, resulta imperativo llevar a cabo investigaciones urgentes para evaluar la calidad del aire. Este estudio fue diseñado con el propósito de brindar una visión completa de la calidad del aire en el área cercana a la ciudad de Ica” [21].

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Dispersión de contaminantes

A medida que una pluma de contaminantes progresa en la dirección del viento, el modelo gaussiano supone que el perfil de concentración por mezcla turbulenta adquiere una distribución gaussiana[22].



Fuente. Depaz [23].

Figura 1. sistema de coordenadas y nomenclatura para idea gaussiana columna de humo[22]

Continua **Cabrera**, “si la condición atmosférica es neutra, entonces se desarrollará una pluma en forma de cono. La concentración en la línea central de la pluma será máxima a una distancia cercana del foco emisor y disminuirá en la dirección viento abajo”[22]. “A medida que la distancia viento abajo aumenta, los extremos de la pluma pueden impactar sobre el terreno tal y como se muestra en la (figura 1)”[22].

1.3.2. Concentraciones de material particulado a nivel del suelo

“El material particulado (PM) es el parámetro clave de las redes de monitoreo de la calidad del aire debido a su efecto sustancial en la salud humana, el clima y el medio ambiente”[24]. “Las observaciones terrestres de PM pueden proporcionar concentraciones distribuidas espacial y temporalmente en los centros urbanos, ya que las redes de monitoreo existen principalmente en las grandes ciudades”[25]. “Sin embargo, las mediciones in situ no brindan información adecuada sobre la distribución espacial de las partículas debido a la concentración altamente variable en el espacio y el tiempo”[26]. “No siempre se

prefieren a menos que se requieran debido a sus altos costos operativos. La cobertura temporal de las mediciones de PM in situ también varía según la funcionalidad del instrumento y el período de operación” [26].

1.3.3. Clasificación y fuente de material particulado (PM)

“Aunque el PM puede definirse o clasificarse de varias formas, el diámetro aerodinámico es uno de los principales criterios para describir su capacidad de transporte en la atmósfera y/o capacidad de inhalación a través de un organismo respiratorio”[24]. “La EPA ha estado regulando partículas principalmente en dos categorías de tamaño basadas en su capacidad de penetración prevista en el pulmón como”[24].

- (i) “Material particulado grueso (PM₁₀) con un diámetro aerodinámico de 10 μm
- (ii) Material particulado fino (PM_{2.5}) con un diámetro aerodinámico de 2,5 μm ”[24].

“Estos PM provienen principalmente de una amplia gama de fuentes que incluyen polvo de carreteras, polvo agrícola, lechos de ríos, sitios de construcción, operaciones mineras y actividades similares”[27].

1.3.4. Fuente puntual continua

“En respuesta a una creciente preocupación por los temas ambientales, especialmente sobre la calidad del aire en las ciudades, se han realizado muchos trabajos científicos sobre modelos de dispersión de la contaminación atmosférica durante las últimas décadas”[28].

“Las especies químicas y los contaminantes tienen varias vías de emisión a la atmósfera. Pueden ser emitidas desde varias fuentes:”[28]

Fuentes puntuales:

- Chimeneas de plantas industriales,
- Erupciones volcánicas,
- Descargas accidentales en centrales nucleares

Fuentes lineales:

- Autopistas

Fuentes de área:

- Emisiones de precursores fotoquímicos de smog

- Incendios forestales”[28]

“La deposición, transporte e interacción con edificios u obstáculos de partículas se pueden modelar de varias formas” [28].

Diversos estudios sobre contaminación atmosférica ha empleado modelos de dispersión, especialmente en estudios a gran escala [29], [30]. En determinadas situaciones, cuando los obstáculos o las dimensiones de los edificios no representan una influencia relevante frente a la extensión de la dispersión del contaminante, generalmente se utilizan modelos de dispersión convencionales, como los modelos gaussianos”[31] o “los modelos lagrangianos”[32] “para simular los flujos y patrones de dispersión” [28].

1.3.5.Origen, tamaño y distribución del material particulado en la atmósfera

[33] “Indican que el material particulado atmosférico se origina de una diversidad de fuentes y posee una amplia condición de propiedades químicas, físicas y termodinámicas”; “ellas se forman mediante subdivisiones o roturas de fragmentos mayores de materia y/o por aglomeración de fragmentos pequeños conteniendo moléculas”[33].

“Las partículas se clasifican de acuerdo a su origen, en natural o antrópico”. “Las fuentes naturales primeras más importantes son: el polvo levantado por el viento, el aerosol marino, las emisiones volcánicas, los incendios de bosques y matorrales. Las fuentes naturales secundarias incluyen sulfatos, nitratos y compuestos orgánicos”.

1.3.6.Material particulado

[34] “Los sistemas de muestreo (para gases), el acondicionamiento de muestras, los sistemas de ponderación para el material particulado (PM) y los procedimientos de laboratorio son factores clave que influyen en la calidad de los datos finales”.

1.3.7.Calidad de aire

“La legislación establece como “objetivo de la calidad del aire” la cuantía de cada contaminante en la atmósfera, aisladamente o asociado con otros, cuyo establecimiento conlleva obligaciones según las condiciones que se determinan para cada contaminante” [35].

1.4. Formulación del problema

El problema de investigación abordado en este estudio se centra en la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur y su impacto en la calidad del aire. El objetivo principal es analizar el nivel de contaminación en dos puntos específicos a lo largo de la carretera (RE-01 y RE-02) y compararlos con los estándares nacionales.

Este problema es de gran importancia debido a que la contaminación del aire puede tener efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente. Además, la carretera Panamericana Sur es una vía de tránsito importante en el sur del país, y la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular puede tener un impacto significativo en la calidad del aire en la zona y en la salud de las personas que viven o trabajan cerca de la carretera. Por lo tanto, el estudio de la emisión de material particulado en la carretera Panamericana Sur es fundamental para comprender la situación actual de la calidad del aire en la zona y para establecer medidas adecuadas para reducir la contaminación y mejorar la calidad de vida de las personas.

1.4.1. Problema general

¿De qué manera la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular influye en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022?

1.4.2. Problemas específicos

PE1: ¿De qué manera los parámetros meteorológicos influyen en la concentración de material particulado PM2.5 en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022?

PE2: ¿Cómo la emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular cumple con la norma ambiental en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo principal

Determinar la influencia de la emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022

1.5.2.Objetivos Específicos

- OE1:** Monitorear los parámetros meteorológicos que influyen en la concentración de material particulado PM2.5 en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022
- OE2:** Evaluar si la emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular cumple con la norma ambiental en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022

1.6. Hipótesis de investigación

1.6.1.Hipótesis principal

La emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular influye en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022.

1.6.2.Hipótesis Específicas

- HE1.** Los parámetros meteorológicos influyen en la concentración de material particulado PM2.5 en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022.
- HE2.** La emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular cumple con la norma ambiental en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022.

1.6.3.Variables de investigación

Variable independiente

Emisión del material particulado: – La emisión del material particulado se refiere a la liberación al medio ambiente de partículas sólidas y líquidas en forma de polvo, humo, niebla, entre otros, que pueden ser transportadas por el aire y afectar la calidad del mismo.

Estas partículas pueden provenir de diversas fuentes, siendo una de las principales el tránsito vehicular, como se menciona en el título de la investigación. Los vehículos emiten partículas de diversos tamaños, siendo las partículas menores a 2,5 micras (PM-2,5) una de las más preocupantes debido a su capacidad de penetrar en los pulmones y causar problemas respiratorios y otros efectos en la salud.

La emisión de material particulado puede ser afectada por diversos factores como el tipo de combustible utilizado por los vehículos, las condiciones climáticas, el estado de las vías, entre otros. Por lo tanto, es importante medir y monitorear la emisión de estas partículas para determinar su impacto en la calidad del aire y tomar medidas preventivas y de mitigación cuando sea necesario. [36].

Variable dependiente

Calidad del aire. - La calidad del aire se refiere a la medida de la pureza del aire que respiramos. Esta puede ser afectada por la presencia de diversos contaminantes, tales como gases, partículas sólidas y líquidas, entre otros, que pueden ser emitidos por diversas fuentes, incluyendo la actividad humana y natural.

La calidad del aire es importante para la salud humana y el medio ambiente. Los contaminantes presentes en el aire pueden afectar la calidad de vida de las personas y causar problemas respiratorios, cardiovasculares y otros efectos negativos en la salud. Además, también pueden tener impactos en la biodiversidad y el clima.

Por lo tanto, es importante monitorear y controlar la calidad del aire para prevenir y mitigar los efectos negativos de los contaminantes en la salud humana y el medio ambiente. Se establecen diferentes estándares y normativas para la calidad del aire que permiten determinar si los niveles de contaminación se encuentran dentro de límites aceptables o si es necesario tomar medidas para mejorar la calidad del aire.[37] y así evitar los impactos negativos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas [38].

1.7. Justificación e Importancia

1.7.1.Justificación

La justificación de este estudio se basa en la importancia de la calidad del aire en la salud y el bienestar de las personas y el medio ambiente. La exposición a niveles elevados de contaminación del aire puede provocar enfermedades respiratorias y cardiovasculares, afectar la calidad de vida y aumentar la mortalidad. Además, la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular también puede afectar negativamente los ecosistemas y los recursos naturales en la zona, como la vegetación y el agua. Por lo tanto, es esencial realizar estudios que evalúen la calidad del aire en la carretera Panamericana

Sur y que permitan establecer medidas de prevención y mitigación de la contaminación.

Además, el estudio de la emisión de material particulado en la carretera Panamericana Sur es relevante para el contexto nacional e internacional. A nivel nacional, este estudio proporciona información valiosa sobre la calidad del aire en una de las carreteras más importantes del país y puede contribuir al desarrollo de políticas públicas que promuevan la reducción de la contaminación del aire y la protección de la salud de la población. A nivel internacional, la investigación puede ser útil para comparar los niveles de contaminación del aire en diferentes países y para establecer estándares internacionales de calidad del aire que permitan proteger la salud y el medio ambiente a nivel global.

1.7.2.Importancia

La calidad del aire es un factor crítico para la salud y el bienestar de las personas. La exposición a niveles elevados de contaminación del aire puede provocar enfermedades respiratorias y cardiovasculares, afectar la calidad de vida y aumentar la mortalidad. Por lo tanto, conocer el nivel de contaminación del aire en la carretera Panamericana Sur es fundamental para establecer medidas de prevención y mitigación de la contaminación y proteger la salud de la población.

También, la carretera Panamericana Sur es una vía de tráfico importante en el sur del país, y la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular puede tener un impacto significativo en la calidad del aire en la zona y en la salud de las personas que viven o trabajan cerca de la carretera. Por lo tanto, es esencial realizar estudios que evalúen la calidad del aire en la carretera y que permitan establecer medidas adecuadas para reducir la contaminación y mejorar la calidad de vida de las personas.

Por lo tanto, la investigación puede contribuir al desarrollo de políticas públicas que promuevan la reducción de la contaminación del aire y la protección de la salud de la población. Los resultados del estudio pueden ser útiles para establecer estándares nacionales e internacionales de calidad del aire y para desarrollar programas de monitoreo y control de la contaminación en la carretera Panamericana Sur y en otras zonas del país.[\[21\]](#).

1.8. Definiciones conceptuales

1.8.1. Partículas (PM)

“El material particulado consigue ser un elemento transcendental como factor determinante de la calidad de la atmósfera de una ciudad, una zona o sitio, pueden estar depositadas sobre el suelo, aunque generalmente flotan en el aire”[39].

1.8.2. Contaminación Atmosférica

“La contaminación atmosférica hace referencia a la variación de la composición uniforme del aire o a la permanencia en el aire de sustancias” [40] o “formas de energía (irradiaciones, oscilaciones, ruido, ionizantes, etc.) que involucren peligro, daño o molestia grave para los hombres o a sus bienes de cualquier índole, o para el ambiente”[40].

1.8.3. Estándares de Calidad del Aire (ECA)

“Los ECA son indicadores de calidad ambiental. Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo”[40].

1.8.4. Concentración

“La concentración de contaminante presente en un medio, generalmente se expresada en unidades de masa como micro o nanogramos fraccionando a una unidad de masa mayor como gramos o kilos ($\mu\text{g}/\text{k}$ o ng/g) o a una de volumen como centímetros o metros cúbicos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ o ng/cm^3)” [40].

1.8.5. Límites Máximos Permisibles (LMP)

[33] “Los LMP miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”

1.8.6. Gravimetría

“La gravimetría hace referencia al cálculo del peso. Es el peso del filtro con los metales recolectado disminuyendo el peso de un filtro nuevo el cual da la cantidad de material particulado de volumen de aire” [40].

1.8.7. Impacto Ambiental

“Es la variación efectiva o negativa de la calidad ambiental, inducida o estimulada por la acción de un individuo” [41]. “Es una aseveración del valor que genera un contaminante y su efecto ambiental, es un canje neto (bueno o malo) en la salud del individuo o en su bienestar”[41].

1.8.8. Inmisión y Emisión

Inmisión. “Unión de contaminantes una vez expuestos, trasladados y diseminados en la atmósfera con carácter temporal o permanente y es lo que venimos respirando en la calle”[42].

Emisión. “Expulsión de materiales al aire, ya sea por un foco determinado (emisión primaria) o como consecuencia de las reacciones fotoquímicas o cadena de reacciones iniciadas por un proceso fotoquímico (emisión secundaria)” [42].

1.8.9. Material particulado respirable (MPR)

[40]“Está determinado por las partículas, cuyo diámetro aerodinámico (d.a.) es menor a 10 μm ”. “Es una conjunción compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas. Estas partículas ingresan al sistema respiratorio alcanzando los pulmones, en el que producen irritaciones, generando y estimulando enfermedades” [40].

1.8.10. Material Particulado (MP)

[43] “Es la unión de partículas líquidas, sólidas o líquidas y sólidas detenidas en el aire que se diferencian en tamaño, composición y origen”. “El tamaño de las partículas atajadas en la atmosfera varia de cuatro resoluciones de magnitud, desde unos pocos nanómetros a decenas de micrómetros” [43].

1.8.11. Microgramos (μg)

“Es una unidad de masa que corresponde a la millonésima parte de un gramo” [40].

1.8.12. Microgramos por Metro Cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

“Unidad que con mucha frecuencia se maneja. Corresponde a la masa de contaminante con el volumen de aire que lo contiene” [40].

1.8.13. Monitoreo

“Son las acciones de observación, muestreo, medición y análisis de los datos técnicos y ambientales para precisar las características del medio o ambiente, identificar los impactos ambientales de las acciones del sector y su diversificación o cambio durante el tiempo” [\[22\]](#)

1.8.14. Nano gramo (ng).

“Es la unidad de masa que pertenece a la milmillonésima parte de un gramo o la milésima de un microgramo”[\[40\]](#).

1.8.15. Partes por Millón (ppm)

“Es la unidad de concentración que concierne a la división de una unidad en un millón. Establecida en medidas de volumen, representando el volumen de contaminante contenido en un millón de volumen de aire”[\[40\]](#).

1.8.16. Partículas en Suspensión

“Son partículas suspendidas en el aire de diversa característica, el cual puede ser procedente por acción natural, por actividades del hombre o una combinación de ambos”[\[40\]](#).

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1. Área de estudio

La investigación se “llevó a cabo en Ica, ciudad del centro sur del Perú, capital del departamento de Ica”. “Este departamento está ubicado en el centro oeste del país, limitando al norte con Lima, al este con Huancavelica y Ayacucho, al sur con Arequipa y al oeste con el Océano Pacífico. Con 21 327 km² es el sexto departamento menos extenso y se fundó el 30 de enero de 1866”[38]. Su territorio es casi por completo parte del desierto costero del Perú y conforma el llamado gran tablazo de Ica. La ciudad de Ica, incluye 5 distritos urbanos, es la decimoprimer ciudad más poblada del Perú y albergaba una población de más de 300000 habitantes”[38]. “Actualmente se destaca por su amplia producción agroexportadora situada en el estrecho valle que forma el río Ica, entre el Gran Tablazo de Ica y las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes”[38].



Figura 2. Área de estudio Panamericana Sur-Distrito de Ica

2.2. Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire

Se establecieron tres puntos de monitoreo de la calidad del aire por material particulado se localizaron dos puntos, ambos localizados en el distrito de Ica, con una distancia de 10 km entre los dos puntos. El punto RE-01 Punto ubicado a 100 m del grifo REPSOL, en la azotea de una vivienda [38] “(Coordenadas UTM: 0418675 E 8447865 N, Datum WGS84 Huso 18 Sur). El punto RE-02 Punto ubicado en la azotea de una vivienda frente a

ELECTRODUNAS (Coordenadas UTM: 0419135 E 8446861 N”, “Datum WGS84 Huso 18 Sur), Figura 3, y Figura 4.

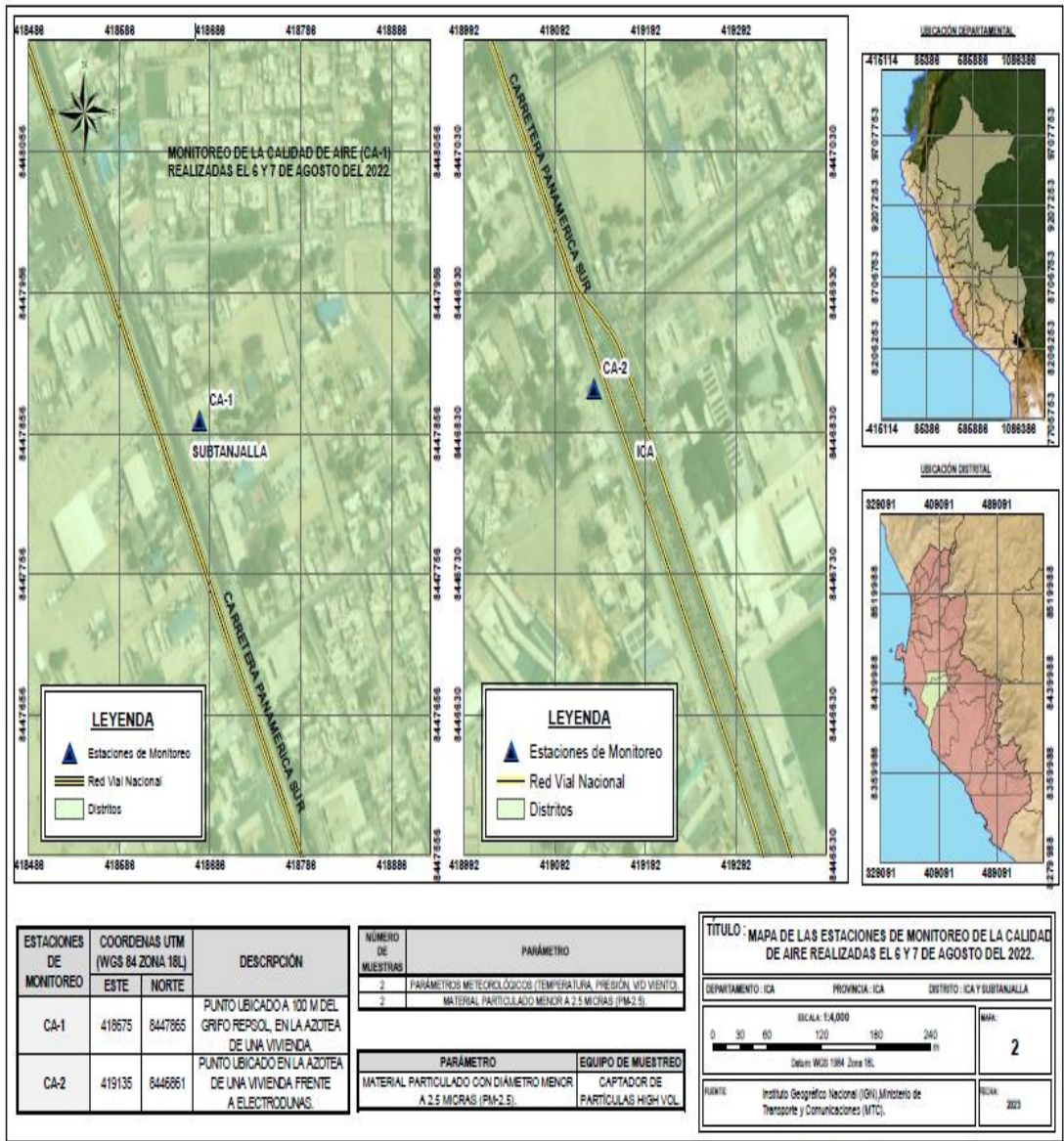


Figura 3. Puntos de Monitoreo de calidad de aire. Agosto-2022

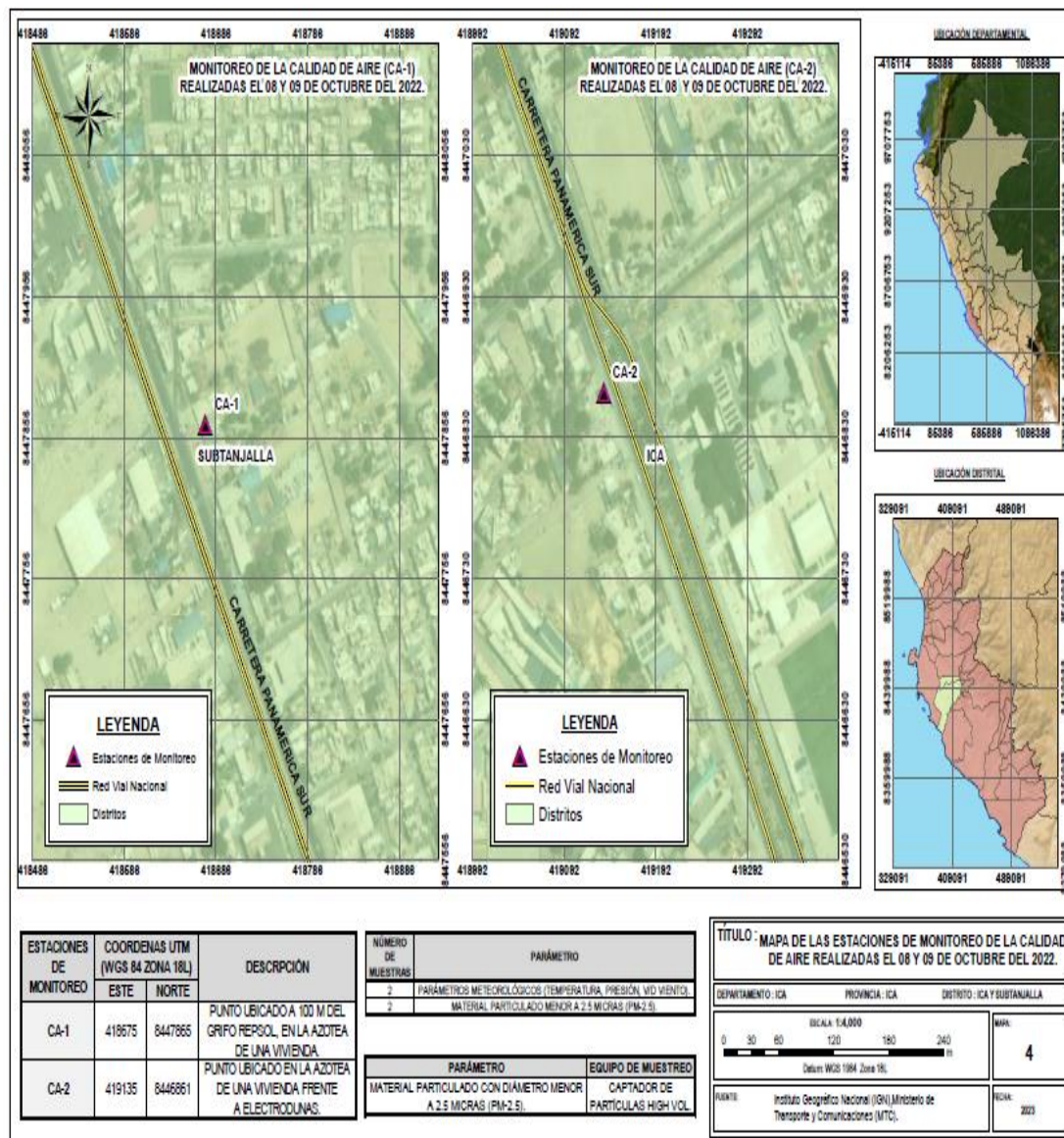


Figura 4. Puntos de Monitoreo de calidad de aire. octubre-2022

2.3. Número de puntos de muestreo sugerido por la OMS y EPA.

[44] “El número de puntos de muestreo dentro de una misma área se incrementará en las zonas en las que se alcancen o excedan los valores permisibles y en donde las variaciones de calidad de aire sean mayores”. “También se requerirán más número de puntos de muestreo cuando se tengan tiempos de muestreo cortos y cuando las mediciones sean menos frecuentes, esto es, a menor frecuencia mayor número de sitios de muestreo” [44].

La Organización Mundial de la Salud (OMS), sugiere el número de puntos de muestreo en función de la densidad de población y del parámetro que se pretende medir, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Número de estaciones de muestreo de la calidad del aire sugerido

Población urbana (millones de personas)	Parámetro de monitoreo	
	Partículas	Meteorológicos
<1	2	1
1 - 4	5	2
4 – 8	8	2
>8	16	3

Fuente: EPA, 1998. (US EPA)

2.4. Metodología de investigación

2.4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que aplica conocimientos existentes para la evaluación de un problema ambiental específico, enfocado a generar información útil para la gestión de la calidad del aire. Asimismo, el presente estudio es de enfoque cuantitativo y de tipo observacional, debido a que no se manipulan las variables, sino se registran y se analizan los niveles de emisiones de material particulado (PM2.5) generados por el tránsito vehicular en dos puntos de monitoreo a lo largo de la carretera Panamericana Sur 2.

El estudio tiene un alcance descriptivo, puesto que se enfoca en la descripción de la calidad del aire en la zona de estudio, sin buscar establecer relaciones causales o explicar la naturaleza de los fenómenos observados.

Nivel de investigación

En términos de nivel de investigación, el estudio se encuentra en el nivel descriptivo, ya que su objetivo principal es describir los niveles de emisiones de material particulado (PM2.5) generados por el tránsito vehicular en dos puntos de monitoreo a lo largo de la carretera Panamericana Sur 2 y su impacto en la calidad del aire en la zona.

Por lo tanto, el estudio se enfocó en la descripción del fenómeno en condiciones reales, en particular, sin buscar establecer relaciones causales o explicar la naturaleza de los fenómenos observados. [45], limitándose a la caracterización de las concentraciones registradas.

Diseño de la investigación

El diseño de investigación es no experimental, debido a que no se realizó manipulación deliberada de las variables del presente estudio, limitándose a la observación y registro de los niveles de material particulado y de las condiciones meteorológicas.

Asimismo, se precisa que el estudio presenta un diseño longitudinal, puesto que las mediciones fueron realizadas en dos puntos de la carretera Panamericana Sur 2, durante tres periodos diferentes (agosto, setiembre y octubre), con el propósito de analizar la variación temporal de los puntos de monitoreo respecto a la calidad del aire.

La recolección de datos se realizó en el lugar de los hechos, garantizando la obtención de información representativa respecto a las condiciones de la calidad del aire.

2.4.2. Población y muestra

Población

La población de estudio está constituida por las concentraciones de material particulado PM_{2.5}, presentes en el tramo de la carretera Panamericana Sur 2 correspondiente a la zona de estudio, así como por las condiciones meteorológicas presente durante el periodo evaluado.

Muestra

La muestra estuvo conformada por las mediciones de material particulado (PM-2,5) y de los parámetros meteorológicos realizadas en los dos puntos de monitoreo (RE-01 y RE-02) de la carretera Panamericana Sur 2, durante los meses de agosto, setiembre y octubre.

Las mediciones obtenidas permitieron caracterizar la calidad del aire en la zona de estudio durante el periodo evaluado, representando una muestra representativa para inferir la calidad del aire de la zona evaluada.

2.4.3. Técnicas de recolección de datos

En la investigación presentada se utilizaron dos técnicas de recolección de datos para obtener información sobre la calidad del aire en la carretera panamericana sur 2:

Monitoreo de material particulado: se utilizó el muestreador de partículas Hivol para medir el nivel de material particulado (PM-2,5) en dos puntos específicos de la carretera (RE-01 y RE-02). Se realizaron tres repeticiones en cada punto de monitoreo para obtener un promedio y se comparó con los estándares de calidad ambiental establecidos por el D.S. N°003-2017-MINAM.

Monitoreo de parámetros meteorológicos: se midieron los parámetros meteorológicos en los dos puntos de monitoreo (RE-01 y RE-02) utilizando instrumentos específicos. Se midieron la temperatura ambiental, la presión barométrica, la humedad relativa, la velocidad del viento y la dirección predominante del viento en cada punto de monitoreo.

Ambas técnicas de recolección de datos permitieron obtener información valiosa sobre la calidad del aire en la zona de estudio y los factores meteorológicos que podrían influir en ella.

Tabla 2. *Parámetros meteorológicos*

Parámetros Muestreados				
Temperatura ambiente	Humedad relativa	Velocidad del viento	Dirección del viento	Presión barométrica

2.4.4. Instrumentos de recolección de datos

En la investigación presentada se utilizaron dos instrumentos para recolectar los datos necesarios para evaluar la calidad del aire en la carretera panamericana sur 2:

Para la medición del material particulado PM2.5: Se utilizó un muestreador de alto volumen Hi-VOL(TISCH), el cual emplea el método gravimétrico mediante la captación de partículas en filtros, para medir el nivel de material particulado menor a 2,5 micras (PM-2,5) en los puntos de monitoreo RE-01 y RE-02, se realizaron tres repeticiones en cada punto de monitoreo.

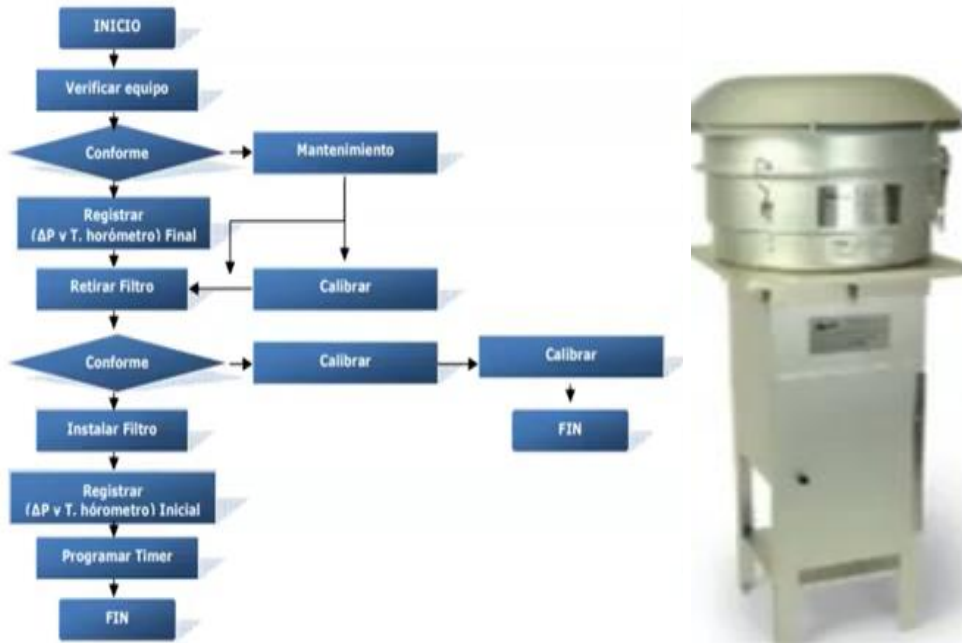
Para los parámetros meteorológicos, se empleó una estación meteorológica Davis Instruments, modelo Vantage Pro Plus #6162, la cual integra sensores para la medición de la temperatura ambiental, la presión barométrica, la humedad relativa, la velocidad del viento y la dirección del viento. Los presente equipos permitieron obtener registros simultáneos y continuos de las condiciones meteorológicas durante la realización del monitoreo.

Asimismo, cabe indicar que se utilizó un GPS (Garmin ETREX) para georreferenciación de los puntos de monitoreo, registrando las coordenadas en sistema UTUM, datum WGS-84, zona 18L.

Cada instrumento fue calibrado previamente para asegurar su precisión y se siguieron los procedimientos de operación recomendados por los fabricantes para garantizar la confiabilidad de los datos recolectados. Además, se registraron todas las mediciones en un formato específico para su posterior análisis y se verificó la integridad de los datos antes de su uso.[46].

“La toma de muestras en campo se realizó siguiendo los criterios establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire” [46]. “La climatología en la ciudad de Ica fue obtenida de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)”[47].

“Para el registro en campo de los parámetros meteorológicos se ha empleado una estación meteorológica Davis Instruments, modelo Vantage Pro Plus #6162”[48].



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=CAW4OOC2duY>

Figura 5. Pasos a realizar en el muestreo de material particulado 2.5, HI-VOL

“Los muestreos puntuales se realizaron según la normativa peruana vigente”. [46], [49] Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire y Ley del ambiente; [50] Aprueban estándares de calidad ambiental para aire; y [51] Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

2.4.5. Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados

La técnica de procesamiento de datos que se utilizó en la investigación es fundamental para la obtención de los resultados finales. Una vez que se recopilaban los datos provenientes del monitoreo de material particulado y de los parámetros meteorológicos en los puntos de monitoreo, se procedió con un proceso de análisis estadístico con la finalidad de facilitar la interpretación.

En primer lugar, se utilizó la técnica de estadística descriptiva, para analizar los datos de PM-2,5 y los parámetros meteorológicos registrados en los puntos de monitoreo RE-01 y RE-02. Los datos fueron organizados en tablas y gráficos para su fácil interpretación y análisis.

Asimismo, para la contrastación de la hipótesis específica 2, se empleó la prueba t-student, la cual permitió evaluar si los resultados de los valores registrados del monitoreo cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos por el D.S. N°003-2017-MINAM.

Finalmente, cabe indicar que los parámetros meteorológicos fueron analizados de manera descriptiva, con la finalidad de contextualizar las condiciones atmosféricas durante el monitoreo y apoyar la interpretación de los resultados del material particulado.[52].

2.5. Norma de calidad ambiental para el aire

2.5.1. Ley General del Ambiente (Ley N°28611, LGA)

[53] “Menciona que toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente”, “así como a sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y desarrollo sostenible del país”[53]. Además “hace referencia a que todos los proyectos nuevos deberán incluir en su Instrumento de Gestión Ambiental, medidas de prevención para mantener sus emisiones por debajo del valor establecido en el D.S. N°003-2017-MINAM (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)” [33].

2.5.2. Ley Orgánica de Municipalidades Ley N°27972

Artículo 80.- Saneamiento, salubridad y salud: “Las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud, ejercen las siguientes funciones: Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente”[54].

2.5.3. Decreto Supremo N°003 – 2017 - MINAM Estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

[51]“El presente reglamento establece los estándares nacionales de calidad ambiental del aire”. Además, “indica los planes de acción para mejorar la calidad del aire con el fin de establecer las estrategias, políticas y medidas necesarias para alcanzar los estándares primarios de calidad del aire en un plazo determinado” [51], Tabla 3.

Tabla 3. Normas de calidad ambiental del aire, material particulado en el Perú [51]

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterio de evaluación	Método de análisis*
“Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM _{2.5})”	24 horas	50	“NE más de 7 veces al año”	“Separación inercial/filtración”
	Anual	25	“Media aritmética anual”	“(Gravimetría)”

* Valor de concentración en microgramos por metro cúbico. NE significa “No Exceder”.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar la influencia de la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular en la calidad del aire en la ctra. panamericana sur, Ica, 2022.

Se indica los puntos

RE-01: Punto ubicado a 100 m del grifo REPSOL, en la azotea de una vivienda

RE-02: Punto ubicado en la azotea de una vivienda frente a ELECTRODUNAS

Tabla 4. Resultado del muestreo de calidad del aire

Parámetros	Unidad	Fecha	Periodo	Resultados		ECA vigentes desde 2017 hasta la actualidad (D.S. N°003-2017-MINAM)
				RE-01	RE-02	
PARTÍCULAS DE MENOS DE 2.5 MICRAS (PM2.5)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	6 al 7.AGO.2022	24 h	17.07	18.59	50
		10 al 11.SET.2022		17.35	19.23	
		8 al 9.OCT.2022		17.24	19.05	

Los puntos denominados (RE-01 y RE-02) se “registró una concentración de material particulado PM2.5 inferior a la contemplada en la norma de calidad ambiental vigente, en comparación con los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N°003-2017-MINAM” [50] en el que se “establecen las Normas Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” [51], cuyo valor es $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Resultados del monitoreo de la calidad del aire, Tabla 4 y además se evidencio los puntos de monitoreo en la Fig. 6, Fig.7 y Fig.8.

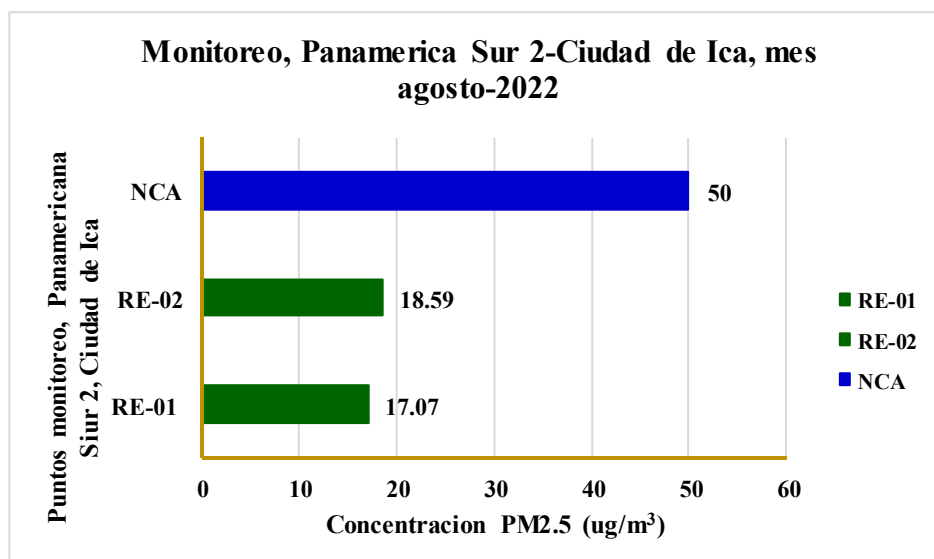


Figura 6. Monitoreo, en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica, mes agosto-2022

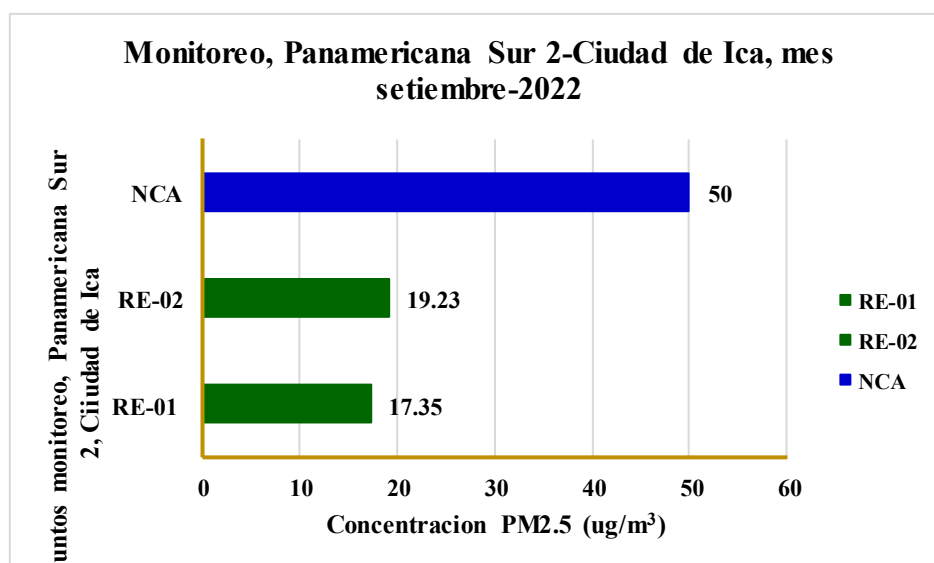


Figura 7. Monitoreo, en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica, mes setiembre-2022

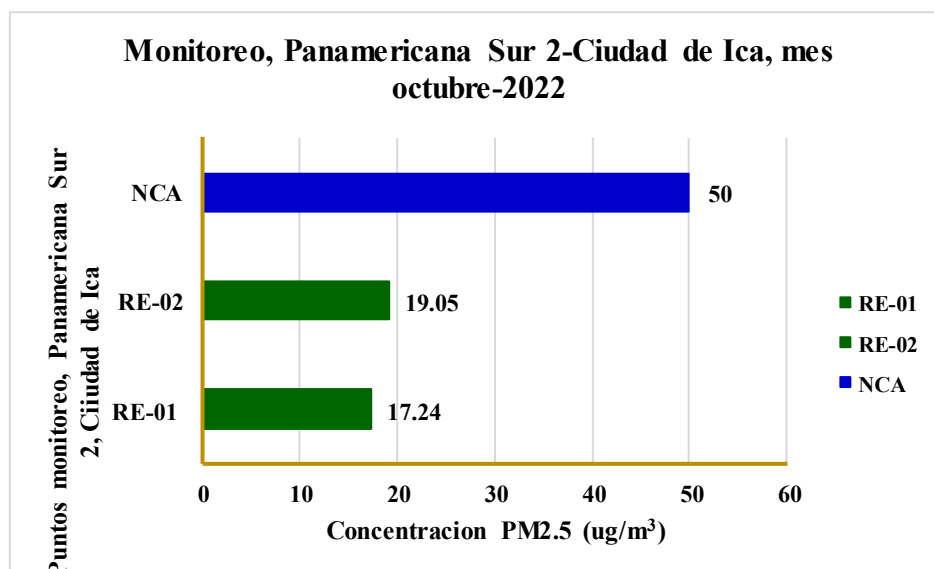


Figura 8. Monitoreo, en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica, mes octubre-2022

En el muestreo en el mes de setiembre-2022, Fig. 07, la concentración fue ligeramente mayor en los puntos RE-01, ($17.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y RE-02 ($19.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$), que la estación de muestreo realizado en agosto-2022 en los puntos RE-01, ($17.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y RE-02 ($18.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y la estación de muestreo realizado en octubre-2022 en los puntos RE-01, ($17.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y RE-02 ($19.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sin embargo, los puntos RE-01 y RE-02 tanto en el mes de agosto-2022, setiembre-2022 y octubre-2022, “cumplen con la norma de calidad ambiental (NCA), siendo su concentración inferior a los límites máximos permisibles, que hacen referencia a los niveles máximos de material particulado establecidos por la norma y que no representa un riesgo significativo a la salud y el ambiente”[56].

3.2. Monitorear los parámetros meteorológicos que influyen en la concentración de material particulado PM2.5 en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022

Los datos de la medición meteorológica fueron tomados a intervalos de 60 minutos por un periodo de 24 horas. En las tablas 05 y 06, se muestran los resultados de las mediciones de los parámetros meteorológicos por 24 horas.

Tabla 5. Resultados de la medición meteorológica RE-01

Condición	Descripción
Código de muestra / Punto	RE-01
Matriz / Producto / Medida	Meteorología

Código de Proceso	A&B-RE-0022	
Coordenadas	0418675	8447865

N°	Fecha de Muestra / Monitoreo	Hora de Muestreo (h)	Temperatura Ambiental (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mbar)
1	06/08/2022	15:00:00	27.3	82	0.9	N	988.3
2	06/08/2022	16:00:00	26.8	80	0.9	N	986.1
3	06/08/2022	17:00:00	25.8	80	0.9	N	983.6
4	06/08/2022	18:00:00	23.5	82	1.5	N	984.4
5	06/08/2022	19:00:00	25.5	85	2.4	N	984.6
6	06/08/2022	20:00:00	23.1	85	2.3	NNE	984.9
7	06/08/2022	21:00:00	23.3	88	1.5	N	984.9
8	06/08/2022	22:00:00	22.5	89	1.5	N	984.6
9	06/08/2022	23:00:00	21.7	90	2.1	N	984.2
10	06/08/2022	0:00:00	21.3	91	3.4	N	985.7
11	07/08/2022	1:00:00	16.9	90	0.5	N	983.7
12	07/08/2022	2:00:00	17.2	89	0.6	NNE	983.7
13	07/08/2022	3:00:00	17.3	89	2.3	NNE	984.4
14	07/08/2022	4:00:00	17.2	89	0.8	NNE	984.2
15	07/08/2022	5:00:00	17.2	90	1.1	NNE	984.9
16	07/08/2022	6:00:00	19.6	83	2.1	NE	985.2
17	07/08/2022	7:00:00	20.9	78	1.6	N	985.5
18	07/08/2022	8:00:00	22.1	77	0.9	N	985.2

19	07/08/2022	9:00:00	23.3	70	0.9	NNW	984.8
20	07/08/2022	10:00:00	24.6	69	0.9	N	983.8
21	07/08/2022	11:00:00	25.6	68	0.9	N	983.2
22	07/08/2022	12:00:00	22.6	74	1.2	N	982.2
23	07/08/2022	13:00:00	22.9	71	0.9	N	984.1
24	07/08/2022	14:00:00	24.6	77	0.9	N	983.1
Promedio			22.2	82	1.4		984.6
Máximo			27.3	91	3.4	N	988.3
Mínimo			16.9	68	0.5		982.2

Leyenda: "E": Este; "W": Oeste; "N": Norte; "S": Sur; "NE": Nor Este; "SE": Sur Este; "NW": Nor Oeste; "SW": Sur Oeste

Muestreo: A6B Consulting Group Perú E.I.R.L., 2022

Fecha de muestreo: 6 y 7 de agosto 2022

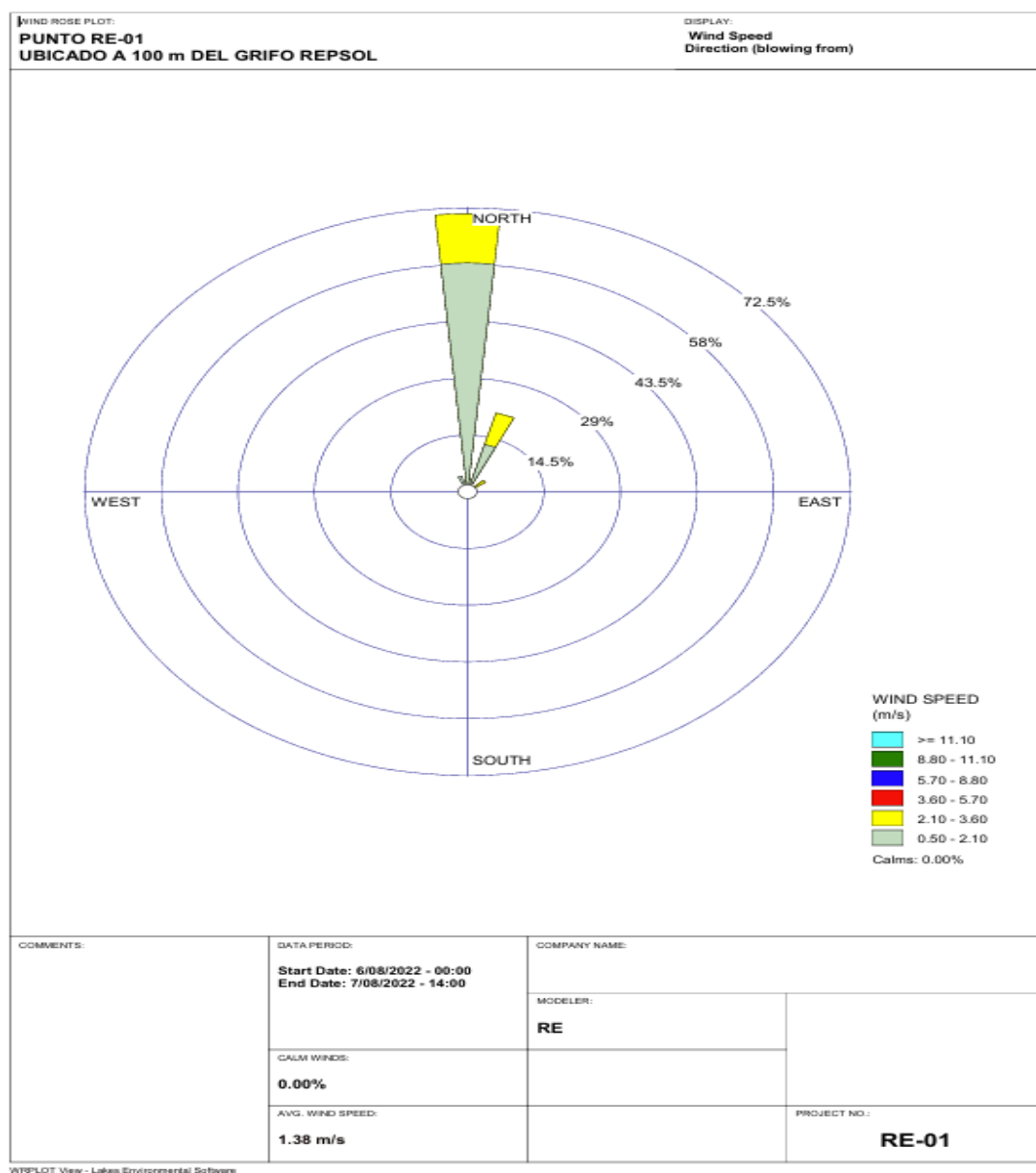


Figura 9. Rosa de viento. RE-01

Tabla 6. Resultados de la medición meteorológica RE-02

Condición	Descripción	
Código de muestra / Punto	RE-02	
Matriz / Producto / Medida	Meteorología	
Código de Proceso	A&B-RE-0022	
Coordenadas	0419135	8446861

N°	Fecha de Muestra / Monitoreo	Hora de Muestreo (h)	Temperatura Ambiental (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión Atmosférica (mbar)
1	07/08/2022	16:00:00	24.5	71	0.9	N	982.4
2	07/08/2022	17:00:00	22.4	79	0.9	N	983.0
3	07/08/2022	18:00:00	19.6	82	0.9	NNE	983.6
4	07/08/2022	19:00:00	18.6	85	1.1	N	984.4
5	07/08/2022	20:00:00	17.9	85	2.4	N	984.6
6	07/08/2022	21:00:00	17.9	85	2.3	NNE	984.9
7	07/08/2022	22:00:00	17.8	88	1.5	N	984.9
8	07/08/2022	23:00:00	17.3	89	1.5	N	984.6
9	07/08/2022	0:00:00	16.9	90	2.1	N	984.2
10	08/08/2022	1:00:00	16.8	91	3.4	NNE	984.0
11	08/08/2022	2:00:00	16.9	90	0.5	N	983.7
12	08/08/2022	3:00:00	16.9	89	0.6	NNE	983.7
13	08/08/2022	4:00:00	17.2	89	2.3	NNE	984.0
14	08/08/2022	5:00:00	17.3	89	0.8	NNE	984.2
15	08/08/2022	6:00:00	17.2	90	1.1	NNE	984.9
16	08/08/2022	7:00:00	19.6	83	2.1	NNE	985.2
17	08/08/2022	8:00:00	20.9	78	1.6	NNE	985.5
18	08/08/2022	9:00:00	22.1	74	0.9	NNE	985.2
19	08/08/2022	10:00:00	23.3	70	0.9	NNE	984.8
20	08/08/2022	11:00:00	24.6	66	0.9	N	983.8

21	08/08/2022	12:00:00	25.6	63	0.9	NE	983.2
22	08/08/2022	13:00:00	22.6	74	1.2	NE	982.2
23	08/08/2022	14:00:00	22.9	71	0.9	NE	984.1
24	08/08/2022	15:00:00	24.6	66	0.9	N	983.1
Promedio			20.1	80.7	1.4		984.1
Máximo			25.6	91.0	3.4	NNE	985.5
Mínimo			16.8	63.0	0.5		982.2

Leyenda: "E": Este; "W": Oeste; "N": Norte; "S": Sur; "NE": Nor Este; "SE": Sur Este; "NW": Nor Oeste; "SW": Sur Oeste

Muestreo: A6B Consulting Group Perú E.I.R.L., 2022

Fecha de muestreo: 7 y 8 de agosto 2022.

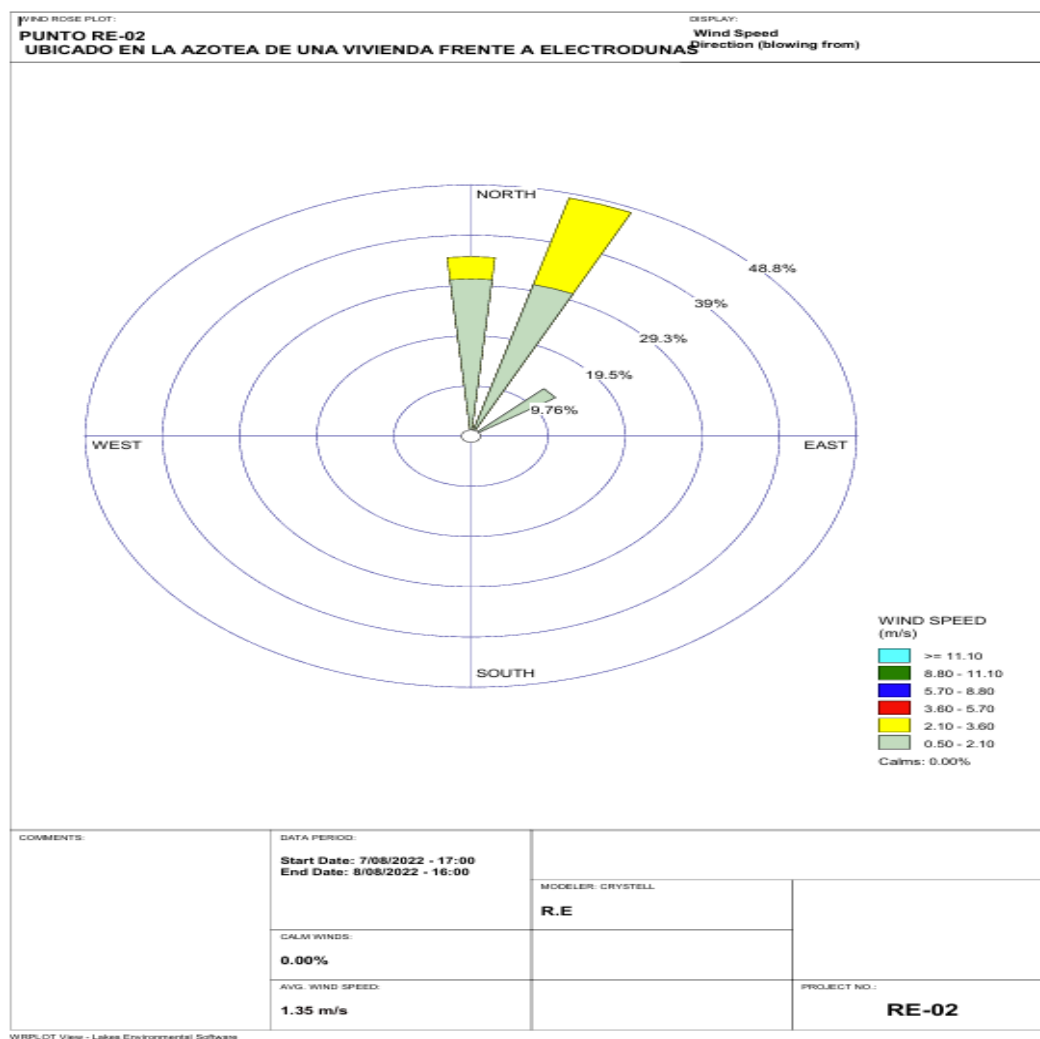


Figura 10. Rosa de viento. RE-02

3.3. Evaluar si la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular cumple con la norma ambiental en la ctra. sur 2, Ica, 2022

3.3.1. Puntos de Monitoreo: Material particulado menores de 2.5 Micras (PM2.5)

“La ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del aire, se efectuó visitas previas a la zona de investigación, para confirmar su ubicación”, ver ilustración en la Figura 3. También se explica en la Tabla 4, sobre el parámetro muestreado.

Tabla 7. Descripción y ubicación en coordenadas UTM de los puntos de monitoreo de calidad de aire

Estaciones de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS zona 18L)		Descripción
	Este	Norte	
RE-01	0418675	8447865	PUNTO UBICADO A 100 M. DEL GRIFO REPSOL, EN LA AZOTEA DE UNA VIVIENDA
RE-02	0419135	8446861	PUNTO UBICADO EN LA AZOTEA DE UNA VIVIENDA FRENTE A ELECTRODUNAS

Coordenadas UTM en el WGS-84, zona 18L

Fuente: Información de monitoreo ambiental de calidad de aire



Figura 11. Punto ubicado en la azotea de una vivienda frente a ELECTRODUNAS. Punto RE-02



Figura 12. Punto ubicado a 100 m. del grifo REPSOL, en la azotea de una vivienda. Punto RE-01

Parámetros evaluados de calidad de aire

Los parámetros evaluados para la calidad de aire PM_{2.5} en el punto RE-01 y en el punto RE-02. Ambos valores que se obtuvieron en el punto RE-01 Y RE-02 están por debajo del estándar de calidad ambiental de 50 µg/m³ establecido por el D.S. N°003-2017-MINAM.

Tabla 8. Resultado de las estaciones de muestreo de la calidad del aire, mes de agosto, setiembre y octubre

Parámetros	Unidad	Fecha	Periodo	Resultados		ECA vigentes desde 2017 hasta la actualidad (D.S. N°003-2017-MINAM)
				RE-01	RE-02	
PARTÍCULAS DE MENOS DE 2.5 MICRAS (PM _{2.5})	µg/m ³	6 al 7.AGO.20	24 h	X	X	50
		22				
		10 al 11.SET.20		X	X	
		22				
		8 al 9.OCT.20		X	X	
		22				

Se realizó una investigación para monitorear la calidad del aire en la carretera panamericana sur 2 en Ica, y se midieron los niveles de material particulado menor a 2,5 micras (PM-2,5) en dos puntos de monitoreo (RE-01 y RE-02). Según los resultados obtenidos, los valores medidos en ambos puntos no excedieron los estándares de comparación establecidos en el D.S. N°003-2017-MINAM, lo que indica que la calidad del aire cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

Prueba de Hipótesis

Se analizo la hipótesis específica 2 (HE2), si la emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular cumple con la norma ambiental en la ctra. panamericana sur 2, Ica,2022 para tal efecto se tomó en cuenta la prueba paramétrica de distribución de “t de Student (ANEXO II), en correspondencia al DECRETO SUPREMO N°003-2017-MINAM”.

H₀: “La emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular” NO cumple con “la norma ambiental de la calidad ambiental del aire” en la carretera de la panamericana sur 2 en Ica ($\mu > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

H_a: “La emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular” SI cumple con “la norma ambiental de la calidad ambiental del aire” en la carretera de la panamericana sur 2 en Ica, ($\mu < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

1. Se planteo la hipótesis para los puntos del monitoreo: RE-01, RE-02

H_a: $\mu \leq 50 \text{ mg/L}$ (El PM2.5 SI cumple con la normativa ambiental de la calidad ambiental del aire, en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

H₀: $\mu > 50 \text{ mg/L}$ (El PM2.5 NO cumple con la normativa ambiental de la calidad ambiental del aire, en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

Se considero el nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Se estimo el “estadístico de prueba”

Nº Datos M.	Columna 1	
19.23	Media	18.0883333
19.05	Error típico	0.39236076
18.59	Mediana	17.97
17.35	Desviación estándar	0.977924673
17.24	“Varianza de la muestra”	0.956336667
17.07	“Coeficiente de asimetría”	0.139420356
	“Rango”	2.16
	“Mínimo”	17.07
	Máximo	19.23
	Suma	108.53
	Cuenta	6
	Nivel de confianza (95%)	1.026269005

Se estableció la regla de decisión

$\mu =$	50
$\alpha =$	0.05
$n =$	6

$$gl = 5$$

Se resuelve el t-Student experimental

$$t_{\text{Experimental}} = -4.3499$$

La distribución del $t_{\text{Teórico}} = -2.0150$ (ANEXO 1: Distribución t de Student, $gl = 5$ y $\alpha = 0.05$)

Por lo tanto,

Si $t_{\text{Experimental}} (-4.3499) < t_{\text{Teórico}} (-2.0150)$ entonces se RECHAZA H_0

Ha: La emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular SI cumple con la norma ambiental de la calidad ambiental del aire en la carretera panamericana sur 2, Ica, ($\mu < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

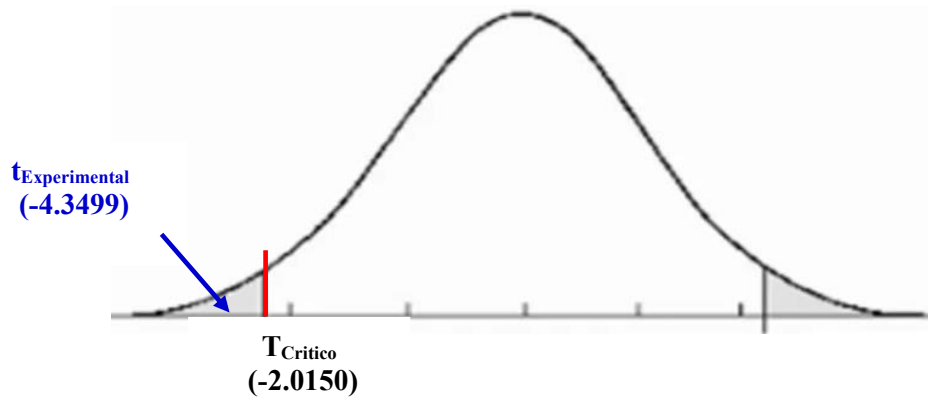


Figura 13. Distribución de t-Student para el monitoreo del PM2.5, carretera panamericana sur 2, Ica

Se afirma, que:

“Se **ACEPTA** la hipótesis alterna”, y se puede aseverar que el material particulado PM2.5, se llevó a cabo con el equipo muestreador de partículas HI-VOL por 24 horas y se mostró en la Tabla 8, los resultado del muestreo de agosto-2022, setiembre-2022 y octubre-2022, con una significancia del 0.05, se consideró gl de 5, y un $t_{\text{Experimental}}$ de (-4.3499), quiere decir que “la concentración de material particulado PM2.5 en el área de tránsito vehicular” SI cumple con los estándares de la calidad ambiental del aire en la panamericana sur 2, Ica. Por lo tanto, se evaluó los resultados de las estaciones de monitoreo en los dos puntos de muestro con tres repeticiones y los resultados se encuentra dentro de la norma del “Decreto Supremo N°003-2017-MINAM”. De tal manera, se puede afirmar que la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular no afecta negativamente en la calidad del aire, en los puntos de monitoreo RE-

01 y RE-02 de la carretera panamericana sur 2 en Ica, de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión del resultado de la influencia de la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular en la calidad del aire en la ctra. panamericana sur, Ica, 2022.

De los resultados del material particulado PM_{2.5} en los puntos RE-01 y RE-02 de la carretera Panamericana Sur 2 muestran que, durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2022, las concentraciones registradas se mantuvieron por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aire establecido en el D.S. N.º 003-2017-MINAM. Esto indica que la calidad del aire en la zona de estudio fue aceptable durante el periodo evaluado. Si bien el tránsito vehicular es una fuente relevante de emisión de material particulado, los valores obtenidos evidencian que su influencia en la calidad del aire no generó concentraciones que superen los límites normativos. Las ligeras variaciones observadas, principalmente en el mes de setiembre, pueden estar asociadas a cambios temporales en el flujo vehicular o a condiciones atmosféricas específicas, sin que ello represente un impacto significativo en la calidad del aire.

Asimismo, el punto RE-02 presentó concentraciones ligeramente superiores respecto al punto RE-01, lo cual es consistente con su mayor exposición al tránsito vehicular. No obstante, dichas concentraciones se mantuvieron dentro de los valores permitidos, lo que sugiere que la emisión de PM_{2.5} generada por el tránsito vehicular influye en la calidad del aire, pero sin comprometer el cumplimiento de la normativa ambiental vigente ni representar un riesgo significativo para la salud y el ambiente.

4.2. Discusión del resultado de los parámetros meteorológicos que influyen en la concentración de material particulado PM_{2.5} en la ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022

En la investigación, se mencionó algunos parámetros meteorológicos medidos, como la temperatura ambiental, la presión barométrica, la humedad relativa, la velocidad del viento y la dirección predominante del viento. Los cuales permitieron contextualizar las condiciones atmosféricas durante los periodos de monitoreo de material particulado PM_{2.5}. Es importante apreciar que un aumento en la velocidad del viento podría facilitar la dispersión de los contaminantes y resultar en concentraciones más bajas de PM_{2.5} en el área de estudio.

Además, se tomó en cuenta la dirección predominante del viento lo cual afectó la distribución de las concentraciones de PM_{2.5} en la carretera Panamericana Sur 2. Lo cual, dependiendo de la dirección del viento, es posible que las áreas cercanas al tráfico vehicular experimenten concentraciones más altas de PM_{2.5} debido a la acumulación de emisiones. Por lo tanto, la dirección del viento fue un factor importante a considerar al monitorear la calidad del aire en la zona de estudio.

También es relevante discutir cómo otros factores meteorológicos, como la temperatura y la humedad relativa, pueden influir en la formación y dispersión de los contaminantes. En conjunto, los parámetros meteorológicos registrados permitieron contextualizar los resultados obtenidos y apoyar la interpretación de los niveles de PM_{2.5} observados durante el monitoreo de la calidad del aire en la zona de estudio.

4.3. Discusión del resultado si la emisión del material particulado generado por el tránsito vehicular cumple con la norma ambiental, en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica.

Esta discusión se evaluó y comparó las concentraciones de material particulado (específicamente PM_{2.5}) obtenidas en la investigación con los límites establecidos en la norma ambiental DS N°003-2017-MINAM. La norma establece un límite de 50 µg/m³ para las concentraciones de PM_{2.5} como valor máximo permisible. Por lo tanto, se verificó los valores registrados en la carretera Panamericana Sur 2 se encontraron por debajo de este límite.

Si los valores promedio de PM_{2.5} obtenidos en los puntos de monitoreo (RE-01 y RE-02) están por debajo del límite establecido por la norma, se pudo concluir que las emisiones de material particulado generado por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 cumplen con los estándares de calidad ambiental. Esto indicaría que las emisiones de los vehículos no están generando un impacto significativo en la calidad del aire en términos de PM_{2.5}.

En cuanto al estadístico t-estudent es una prueba estadística que se utilizó para comparar las medias de dos grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellos. En este caso, se aplicó el t-estudent para comparar las concentraciones de material particulado PM_{2.5} registradas en los puntos de muestreo RE-01 y RE-02 con los estándares de calidad ambiental establecidos por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. La tabla que proporcionó los resultados del muestreo realizado en los meses de agosto-2022, setiembre-2022 y octubre-2022, con una significancia del 0.05 y un grado de libertad (gl) de 5. El valor del tExperimental registrado fue de -4.3499. Por lo tanto, se

evaluó la hipótesis, se comparó el valor de $t_{\text{Experimental}}$ con el valor t_{Critico} . Por lo que se rechazó la hipótesis nula (que indico que no hay diferencia significativa) y se aceptó la hipótesis alterna (que indico que si hay una diferencia significativa). Por lo tanto, los resultados de las estaciones de monitoreo en los puntos de muestreo RE-1 y RE-2 se encuentran dentro de la norma del Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Los resultados obtenidos de la concentración de material particulado PM_{2.5} concuerda con la investigación de *Prieto* [34] sobre las estaciones de monitoreo utilizadas en su evaluación no supero el estándar peruano de calidad ambiental de aire, por el contrario se encontró por debajo de lo establecido.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que los resultados obtenidos evidenciaron que las concentraciones de material particulado PM2.5 se mantuvieron dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental, lo que permite concluir que la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 no genera un impacto negativo significativo sobre la calidad del aire en los puntos de monitoreo evaluados. Asimismo, se identificaron patrones de variación en las concentraciones de material particulado vinculados al flujo vehicular y la presencia de sectores con mayor intensidad de emisiones, aspectos que contribuyen a una comprensión más integral del comportamiento del contaminante.

Se concluye en destacar los resultados clave relacionados con el parámetro meteorológico y su relación con el material particulado PM2.5. Además, permite observar que ciertas condiciones meteorológicas, como la dirección predominante del viento, influyen en la dispersión o acumulación del material particulado, por lo que, se puede concluir que el factor meteorológico desempeña un papel importante en la concentración del PM2.5 en el área estudiada. También se puede resaltar cómo estas condiciones meteorológicas pueden interactuar con la emisión de material particulado generado por el tránsito vehicular. Lo que permite, inferir que las concentraciones de PM2.5 son más altas cuando la dirección predominante del viento proviene de áreas con mayor tráfico vehicular, confirmando la estrecha relación entre circulación del tráfico, condiciones meteorológicas y calidad del aire.

La conclusión ha permitido destacar los hallazgos clave de la investigación. Por lo tanto, los resultados indicaron que las concentraciones de material particulado PM2.5 se encuentran por debajo de los límites establecidos por el DS N°003-2017-MINAM, evidenciando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en el tramo evaluado de la carretera Panamericana Sur 2. Esta conclusión implica que las medidas y regulaciones, aplicadas en la zona han sido adecuadas, contribuyendo a preservar condiciones aceptables de la calidad del aire y a prevenir riesgos asociados a la contaminación atmosférica.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda mantener y fortalecer las medidas de gestión y control orientadas a las emisiones vehiculares en la carretera Panamericana Sur 2. Ello incluye impulsar la incorporación progresiva de tecnologías de menor emisión, como vehículos eléctricos y sistemas de transporte público más eficientes, así como promover prácticas de conducción responsable y programas de mantenimiento vehicular, a fin de preservar las condiciones actuales de la calidad del aire y prevenir posibles incrementos futuros.

Se recomienda acciones como el monitoreo y registro continuo de los datos meteorológicos y de calidad del aire para comprender mejor la relación entre estos factores. Esto ayudará a predecir y anticipar condiciones meteorológicas que puedan afectar negativamente la calidad del aire y tomar medidas preventivas. Asimismo, resulta fundamental impulsar programas de sensibilización y educación ciudadana que destaquen la influencia de las condiciones meteorológicas sobre la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud, promoviendo comportamientos responsables en la movilidad y el desarrollo de alternativas de transporte sostenible que disminuyan la dependencia del vehículo particular.

Se recomienda incluir acciones como la implementación de programas de inspección y control de emisiones vehiculares, la promoción de prácticas de mantenimiento adecuado de los vehículos y la concientización sobre la importancia de reducir las emisiones contaminantes. Además, se puede recomendar la realización de monitoreo continuo de la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 para evaluar y asegurar el cumplimiento a largo plazo de los estándares ambientales. Esto ayudará a identificar posibles variaciones en las concentraciones de material particulado y a tomar medidas correctivas de manera oportuna. También se puede enfatizar la importancia de la educación y sensibilización de la comunidad sobre los efectos de las emisiones vehiculares en la calidad del aire y la salud humana. Esto puede incluir campañas de concientización sobre el uso de transporte público, el fomento de la movilidad sostenible y la promoción de prácticas de conducción responsables.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. T. Houghton *et al.*, *Climate change: the scientific basis*, First Edit. Cambridge, EEUU: PUBLISHED BY THE PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE The Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge, United Kingdom, 2001.
- [2] A. Sharma, A. Saxena, M. Sethi, V. Shree, y Varun., «Life cycle assessment of buildings: a review», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, n.º 1, pp. 871-875 pag., 2011.
- [3] S. Salomon *et al.*, *Cambio Climático 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, vol. 59, n.º 8. New York-USA: Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. University Press Cambridge, 2007.
- [4] DOP, *The Republic of the Union of Myanmar, 2014 Myanmar Population and Housing Census, The Union Report*. Myanmar-Yangon-China: Minister for Immigration and Population Republic of the Union of Myanmar, 2015.
- [5] PSRS, «Present Situation of Road Safety in Myanmar Experts Group Meeting for Road Safety Improvement». Myanmar-Yangon-China, p. 31 pag., 2013, [En línea]. Disponible en: <https://www.unescap.org/sites/default/files/2.16.Myanmar.pdf>.
- [6] RTAD, «Registered Vehicels in Myanmar. Road Transportation Adminstration Department», Myanmar-Yangon-China, 2018.
- [7] W. Y. Aung *et al.*, «Preliminary assessment of outdoor and indoor air quality in Yangon city, Myanmar», *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 10, n.º 3, pp. 722-730, 2019, doi: 10.1016/j.apr.2018.11.011.
- [8] G. Tang *et al.*, «Mixing layer height and its implications for air pollution over Beijing, China», *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 16, pp. 2459-2475 pag, 2016.
- [9] H. Guo *et al.*, «Source contributions and potential reductions to health effects of particulate matter in India», *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 18, n.º 20, pp. 15219–15229 pag., 2018, [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/acp-18-15219-2018>.
- [10] J. Lelieveld, J. S. Evans, M. Fnais, D. Giannadaki, y A. Pozzer, «La contribución de las fuentes de contaminación del aire exterior a la mortalidad prematura a escala mundial», *Nature*, vol. 525, pp. 367-371 pag., 2015, doi: 10.1038 / nature15371.

- [11] IEO, «US Energy Information Administration, International Energy Outlook 2017 Overview», en *International Energy Outlook*, [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf), 2017, p. 76 pag.
- [12] D. Moscoso Vanegas, A. Astudillo Alemán, y M. C. Morales Pérez, «Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de combustión del parque industrial del cantón cuenca-ecuador», *Cent. Azúcar*, vol. 45, n.º 2, pp. 33-45, 2018, [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [13] A. A. Tyovenda, T. J. Ayua, y T. Sombo, «Modeling of gaseous pollutants (CO and NO₂) emission from an industrial stack in Kano city, northwestern Nigeria», *Atmos. Environ.*, vol. 253, n.º 2, p. 118356, 2021, doi: 10.1016/j.atmosenv.2021.118356.
- [14] M. Vuille, *Climate Change and Water Resources in the Tropical Andes, Technical note No. IDB-TN-515*, vol. IDB-TN-515. Inter-American Development Bank, 2013, p. 29.
- [15] S. Warren y W. Wiscombe, «A model for the spectral albedo of snow. II: snow containing atmospheric aerosols», *Journal of Atmospheric Science*, vol. 37. pp. 2734-2745, 1980, [En línea]. Disponible en: <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469%281980%29037%3C2734%3AAMFTSA%3E2.0.CO%3B2>.
- [16] S. G. Warren, «Impurities in snow: effects on albedo and snowmelt.», *Ann. Glaciol.*, vol. 5, pp. 177-179, 1984, doi: 10.3189/1984aog5-1-177-179.
- [17] M. B. Dyurgerov y M. F. Meier, *Glaciares y el sistema de la Tierra cambiante: una instantánea de 2004*. Artículos Ocasionales, 2005.
- [18] M. G. Flanner, C. S. Zender, J. T. Randerson, y P. J. Rasch, «Present-day climate forcing and response from black carbon in snow», *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 112, n.º 11, pp. 1-17, 2007, doi: 10.1029/2006JD008003.
- [19] A. A. Bustillos Ortis, «Simulación de la dispersión de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán Tungurahua, mediante la utilización de los softwares ambientales especializados dispers version 5.2 y screen view», Universidad Técnica de Ambato, 2011.
- [20] J. E. Mauricio Melendez y L. J. Murga Valdez, «Empleo de un modelo gaussiano para estimar las concentraciones máximas a nivel del suelo de CO, NO_x, PM₁₀ y SO₂ emitidas por las chimeneas de los calderos 17 y 20 de la empresa Cartavio S.A.A. – 2014», n.º X, p. 122, 2015, [En línea]. Disponible en: https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3267/MauricioMelendez_J -

MurgaValdez_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- [21] P. Córdova-Mendoza, T. Barrios-Mendoza, y I. Córdova-Barrios, «Primera caracterización de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú», *Rev. Cuba. Quim.*, vol. 33, n.º 1, pp. 138-152, 2021, [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5171-Texto del artículo-16226-2-10-20210415.pdf>.
- [22] J. Cabrera Fernández, «Aplicación de un modelo de dispersión atmosférica», Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2012.
- [23] A. Depaz, «“Modelamiento de dispersión de material particulado mediante la Aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la zona vulnerable del sector industrial de Puente Piedra 2017”», Universidad César Vallejo, 2017.
- [24] K. H. Kim, E. Kabir, y S. Kabir, «A review on the human health impact of airborne particulate matter», *Environ. Int.*, vol. 74, pp. 136-143, 2015, doi: 10.1016/j.envint.2014.10.005.
- [25] W. Huang, E. Long, J. Wang, R. Huang, y L. Ma, «Characterizing spatial distribution and temporal variation of PM10 and PM2.5 mass concentrations in an urban area of Southwest China», *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 6, n.º 5, pp. 842-848, 2015, doi: 10.5094/APR.2015.093.
- [26] E. Van De Beek *et al.*, «Spatial and Spatiotemporal Variability of Regional Background Ultrafine Particle Concentrations in the Netherlands», *Environ. Sci. Technol.*, vol. 55, n.º 2, pp. 1067-1075, 2021, doi: 10.1021/acs.est.0c06806.
- [27] K. Juda-Rezler, M. Reizer, y J. P. Oudinet, «Determination and analysis of PM10 source apportionment during episodes of air pollution in Central Eastern European urban areas: The case of wintertime 2006», *Atmos. Environ.*, vol. 45, n.º 36, pp. 6557-6566, 2011, doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.08.020.
- [28] S. Brusca, F. Famoso, R. Lanzafame, A. Marino Cugno Garrano, y P. Monforte, «Experimental analysis of a plume dispersion around obstacles», *Energy Procedia*, vol. 82, pp. 695-701, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.794.
- [29] G. Balakrishnaiah *et al.*, «Characterization of PM, PM10 and PM2.5 mass concentrations at a tropical semiarid station in Anantapur, India», *Indian J. Radio Sp. Phys.*, vol. 40, n.º 2, pp. 95-104, 2011.
- [30] Á. Leelőssy, F. Molnár, F. Izsák, Á. Havasi, I. Lagzi, y R. Mészáros, «Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere: a review», *Cent. Eur. J. Geosci.*, vol. 6, n.º 3, pp. 257-278, 2014, doi: 10.2478/s13533-012-0188-6.

- [31] B. Onat, C. Bayat, y U. Sahin, «PM10 dispersion modeling: Urban case study from Turkey», *Fresenius Environ. Bull.*, vol. 13, n.º 9, pp. 889-894, 2004.
- [32] C. Gariazzo, V. Papaleo, A. Pelliccioni, G. Calori, P. Radice, y G. Tinarelli, «Application of a Lagrangian particle model to assess the impact of harbour, industrial and urban activities on air quality in the Taranto area, Italy», *Atmos. Environ.*, vol. 41, n.º 30, pp. 6432-6444, 2007, doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.06.005.
- [33] E. F. Arellano Gamarra, «Nivel de Contaminacion Atmosferica por Material Particulado (PM0) y su composicion Metalica en el Area Urbana del distrito de Cusco», Universidad Nacional San Agustin de Arequipa, 2019.
- [34] O. Prieto, «Caracterización de Material Particulado, Plomo y Arsenico Para la Evaluación de la Calidad del Aire en el Distrito de Islay- Matarani», Escuela Profesional de Ingenieria Ambiental. Facultad de Ingenieria de Procesos. Universidad Nacional de San Agustin, 2016.
- [35] A. Cortes y I. Ridley, «Efectos de la Combustión a Leña en la Calidad del Arte Intradomiciliario . La ciudad de Temuco Como Caso de Estudio Introducción», *Resvista Invi*, vol. 28, n.º 78, pp. 257-271 pag., 2013, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582013000200008>.
- [36] R. Alvarado, «Evaluacion de la calidad del aire por la emision de material particulado en las piladoras Rey Leon S.A.C. y Santa Clara, Cacatachi, 2018», 2019.
- [37] MINAM, «Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014», *Informe Nacional De La Calidad Del Aire*. p. 52, 2014, [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2635-informe-nacional-de-la-calidad-del-aire-2013-2014%0Ahttp://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>.
- [38] Real Decreto No 1428, «Tránsito vehicular», *Wikipwdia*, 2003. https://es.wikipedia.org/wiki/Tránsito_vehicular.
- [39] J. R. Garcia-Colin Scherer Leopoldo, Varela Ham, *Contaminacion Atmosferica V*, Primera Ed. Mexico: IV Simposio de Contaminacion Atmosferica, 2006.
- [40] M. E. Vara Licon, «Universidad Nacional De San Agustin De Arequipa Dedicatoria », Universidad Nacional San Agustin de Arequipa, 2016.
- [41] L. del S. N. de E. de I. Ambiental, «Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental – Ley N° 27446. Artículo 3.» p. 8 pp., 2001.
- [42] J. D. Asencio Pacho y L. N. Vega Gavilan, «Análisis de dispersión de contaminantes

utilizando el Modelo Gaussiano en chimeneas», Universidad Peruana Leon, 2020.

- [43] C. Gonzales y E. Jimez, «Contaminación Ambiental: Partículas PM 10 y PM 2,5 y Efectos en la Salud», pp. 33-38, 2020, [En línea]. Disponible en: <http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/exegesis/article/view/673/587>.
- [44] A. Sharma, A. Saxena, M. Sethi, V. Shree, y Varun, «Life cycle assessment of buildings: A review», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, n.º 1, pp. 871-875, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2010.09.008.
- [45] J. Supo, *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis*, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015.
- [46] D.S. N°074-2001-PCM, «Decreto Supremo N ° 074-2001-PCM: Reglamento De Estandares Nacionales De Calidad Ambiental del AIRE», *Norma Ambiente*. Presidente de la Republica, Lima, Peru, pp. 1-16, 2001, [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DS-074-2001-PCM.pdf>.
- [47] J. E. Davila Cordova *et al.*, «Association of PM2.5 concentration with health center outpatient visits for respiratory diseases of children under 5 years old in Lima, Peru», *Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source*, vol. 19, n.º 1, pp. 1-6, 2020, doi: 10.1186/s12940-020-0564-5.
- [48] C. Araujo Sanchez, «Costos Externos de la Contaminacion del Aire en la Ciudad de Cajamarca», *Esc. Posgrado*, p. 140 pga., 2016, [En línea]. Disponible en: [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1361/COSTOS_EXTERNOS_DE_LA_CONTAMINACION_AMBIENTAL_DEL_AIRE_EN_LA_CIUADAD_DE_CAJAMARCA .pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1361/COSTOS_EXTERNOS_DE_LA_CONTAMINACION_AMBIENTAL_DEL_AIRE_EN_LA_CIUADAD_DE_CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [49] N. 28611 Ley General del Ambiente, *LEY N° 28611. Ley General del Ambiente*. 2005, p. 45 Pag.
- [50] DS_N°003-2008-MINAM, «Aprueban Estnadares de Calidad Ambiental Para Aire. Decreto Supremo N°003-2008-MINAM», *Diario Oficial El Peruano*. p. 4 Pag., 2008.
- [51] D.S._N°003-2017-MINAM, «Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM», *Norma Legal*. Diario el 'Peruano, Lima - Perú, p. 4, 2017, [En línea]. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf.
- [52] M. de Salud., «Decreto Supremo N°031-2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.» Publicado en El Diario oficial en peruano, del 26 de setiembre de 2010.Perú, Lima-Perú, 2010.

- [53] L. G. del Ambiente, «Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. Artículo 67. Artículo 119, Inciso 119.1», *Peruano*. p. 168 pp., 2005, [En línea]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>.
- [54] L. O. de Municipalidades, «Ley N° 27972 ley Orgánica del Municipalidades. Artículo 80. Punto 1. Inciso 1.1.», *Peruano*, 2007. file:///D:/Tesis_Pedro Berrocal/Tesis13_Bellido-Yauricasa/Tesis Evaluacion del Relleno Sanitario/27972.pdf.
- [55] R. Rodríguez Jiménez, Á. Benito Capa, y A. Portela Lozano, *Meteorología y Climatología*. España.: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), 2004.
- [56] Republica del Peru, «Decreto Supremo No. 003-2017-MINAM», pp. 6-9, 2017.

ANEXO

ANEXO 1



ESTACIONES METEOROLÓGICAS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

110-21

SOLICITANTE: CONSTANTINO RONALD TOLEDO CARRION

MODELO DE ESTACION: VANTAGE PRO 2 CABLEADA

MARCA: DAVIS INSTRUMENTS CORPORATION

SERIE UNIDAD ISS: A81113A031

SERIE UNIDAD CONSOLA: BB170808032

UBICACIÓN: LIMA

FECHA DE CALIBRACIÓN: 13/08/2021

FECHA DE EXPIRACIÓN: 14/08/2022

DATOS PATRÓN

MARCA: DAVIS

SERIE UNIDAD ISS: BF201015012

SERIE UNIDAD CONSOLA: BF201015012

SENSOR DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA	RANGOS DE EXACTITUD GENERAL	PROMEDIO CLIENTE	MAX/MIN. CLIENTE	ERROR PROMEDIO CLIENTE	CORRELACION CLIENTE	REFERENCIA ESTACIÓN PATRÓN DAVIS (NIST)
TEMPERATURA-#1#2	± 0.5 °C	15.81 °C	31.1 / 4.0 °C	0.0 °C	1.00	201019N04
HUMEDAD RELATIVA-#1#2	± 3%	88.56 %	91 / 80 %	0.5 %	0.99	201019N04
VELOCIDAD DE VIENTO-#1#2	±2 m/s ± 5%	1.17 m/s	8.2 / 0.0 m/s	0.0 m/s	0.99	201019N06
PRECIPITACIÓN-#1#2	±4% ± 1 cuenta de lluvia	4.87 mm	7.2 / 0.0 mm	0.0 mm	1.00	201019N05
PRESIÓN BAROMÉTRICA-#1#2	± 1.0 mb	996.52 mb	1000.0 / 996.8 mb	0.0 mb	0.99	BF201015012

Definición de los errores de medición a través del método de constatación con el instrumento a verificar rigiendo a los resultados que maneje la Patrón Homologada por Davis Instruments en un periodo de 24 horas donde los equipos son expuestos a las mismas condiciones climáticas. Cada Patrón Davis se basa en las especificaciones del NIST (National Institute of Standards and Technology) y ha sido verificado en sus parámetros con los siguientes sensores (tal como muestra el documento adjunto)

Temperatura y humedad Relativa

• Marca: Vaisala

Precipitación

• Marca: CAVRO

Viento (velocidad y dirección)

• Marca: MKS Baratron

Presión Atmosférica

• Marca: Vaisala

Modelo: HMT 333

Modelo: XLP 6000 Pump

Modelo: PTB 220 CLASE A

Las unidades de medición realizadas están de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El certificado no podrá ser reproducido parcialmente. El usuario está obligado a recibir el instrumento a intervalos apropiados por personal autorizado por Davis.

Perú Davis Instruments E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el mal uso de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



ROBERTO ARAYA
Gerente General
PERU DAVIS INSTRUMENTS E.I.R.L.

📍 CALLE LAS CAMELIAS 970 DR. 302 SAN JORDE

☎ 044 7542

✉ NOROESTE@DAVISNET.PE

🌐 WWW.DAVISNET.PE





RUIZ & ORTIZ INGENIEROS S.R.L.

CONSULTORIA TECNICA, SEGURIDAD E HIGIENE
INDUSTRIAL Y DEL MEDIO AMBIENTE
Calle Tula 130 - 100, Cúcuta - Nariño 430147 Colombia Tel: 4301471 Email: info@rioing.com

REGISTRO N° 036-1 PRODUCE

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Pág. 1 de 3

Método de Referencia RFP5 1287-063

<Codigo Monitor (R&O4) - (S-4)>

REGISTRO N° 04-22/R&O

FECHA: 13-01-22

MONITOR : PM10
MARCA : Tisch Environmental
SERIE : 5638
MOTOR ASPIRADOR : Tisch Environmental Model TE 7050X Serie N° 0910
FECHA DE CALIBRACION : 12-01-22
VIGENCIA : 12-01-23

El laboratorio de Calibración de RUIZ & ORTIZ INGENIEROS S.R.L. certifica que este monitor ha sido calibrado en nuestras instalaciones, según los métodos de calibración teniendo como soporte técnico a los estándares de calidad ambiental.

*Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems.
EPA/600/R-94/038b(Ambient Air Specific Method)

Condiciones de la prueba:

Temperatura : 32°C

Presión : 746 mmHg

Calibrado por

Gerardo Ruiz S.



CALIDAD TOTAL CON SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL
- PROTEJAMOS EL MEDIO AMBIENTE -

ANEXO 2: CADENA DE CUSTODIA

ENCUESTA

CADENA DE CUSTODIA

Nº 057798

PROCESO: Qui (Hoy) Conduces Diferente el camino que sales

ICA

ADG CONSULTA AL GOBIERNO ECUATORIANO

20609343811

AV. Benito 302 - ATE. IMA

MEQUIDREO DISEÑADOS - ICA

ICA

Código de identificación	Descripción	Fecha de inicio	Fecha de fin	Tipo de evidencia	Estado de evidencia	Número de evidencias por punto de muestreo				
						PM 2.5	PM 10	PM 10-2.5	PM 10-2.5	PM 10-2.5
01	CA-01	08-08-21	15:00	C.A.	-	-	-	-	-	-
02	CA-02	10-08-21	16:00	C.A.	-	-	-	-	-	-

ENCUESTA

ENCUESTA

ENCUESTA

ENCUESTA

ENCUESTA

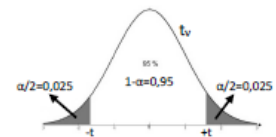
ENCUESTA

ADQUIRENTE O USUARIO

ANEXO 3

Distribución t de Student

Contiene los valores de t tales que $\frac{\alpha}{2} = P(t_v \geq t)$, donde v son los Grados de Libertad



		$\alpha/2$												
		0,0005	0,001	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45	0,475
v grados de libertad	1	636,619	318,309	63,657	31,821	12,706	6,314	3,078	1,376	1,000	0,727	0,325	0,158	0,079
	2	31,599	22,327	9,925	6,965	4,303	2,320	1,886	1,061	0,816	0,617	0,289	0,142	0,071
	3	12,924	10,215	5,841	4,541	3,182	2,353	1,638	0,978	0,765	0,584	0,277	0,137	0,068
	4	8,610	7,173	4,604	3,747	2,776	2,132	1,533	0,941	0,741	0,569	0,271	0,134	0,067
	5	6,608	5,408	3,499	2,876	2,306	1,895	1,476	0,920	0,727	0,559	0,267	0,132	0,066
	6	5,959	5,208	3,707	3,143	2,447	1,916	1,440	0,906	0,718	0,553	0,265	0,131	0,065
	7	5,408	4,785	3,499	2,998	2,365	1,895	1,415	0,896	0,711	0,549	0,263	0,130	0,065
	8	5,041	4,501	3,355	2,896	2,306	1,860	1,397	0,889	0,706	0,546	0,262	0,130	0,065
	9	4,781	4,297	3,250	2,821	2,262	1,833	1,383	0,883	0,703	0,543	0,261	0,129	0,064
	10	4,587	4,144	3,169	2,764	2,228	1,812	1,372	0,879	0,700	0,542	0,260	0,129	0,064
	11	4,437	4,025	3,106	2,718	2,201	1,796	1,363	0,876	0,697	0,540	0,260	0,129	0,064
	12	4,318	3,930	3,055	2,681	2,179	1,782	1,356	0,873	0,695	0,539	0,259	0,128	0,064
	13	4,221	3,852	3,012	2,650	2,160	1,771	1,350	0,870	0,694	0,538	0,259	0,128	0,064
	14	4,140	3,787	2,977	2,624	2,145	1,761	1,345	0,868	0,692	0,537	0,258	0,128	0,064
	15	4,073	3,733	2,947	2,602	2,131	1,753	1,341	0,866	0,691	0,536	0,258	0,128	0,064
	16	4,015	3,686	2,921	2,583	2,120	1,746	1,337	0,865	0,690	0,535	0,258	0,128	0,064
	17	3,965	3,646	2,898	2,567	2,110	1,740	1,333	0,863	0,689	0,534	0,257	0,128	0,064
	18	3,922	3,610	2,878	2,552	2,101	1,734	1,330	0,862	0,688	0,534	0,257	0,127	0,064
	19	3,883	3,579	2,861	2,539	2,093	1,729	1,328	0,861	0,688	0,533	0,257	0,127	0,064
	20	3,850	3,552	2,845	2,528	2,086	1,725	1,325	0,860	0,687	0,533	0,257	0,127	0,063
	21	3,819	3,527	2,831	2,518	2,080	1,721	1,323	0,859	0,686	0,532	0,257	0,127	0,063
	22	3,792	3,505	2,819	2,508	2,074	1,717	1,321	0,858	0,686	0,532	0,256	0,127	0,063
	23	3,768	3,485	2,807	2,500	2,069	1,714	1,319	0,858	0,685	0,532	0,256	0,127	0,063
	24	3,745	3,467	2,797	2,492	2,064	1,711	1,318	0,857	0,685	0,531	0,256	0,127	0,063
	25	3,725	3,450	2,787	2,485	2,060	1,708	1,316	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
	26	3,707	3,435	2,779	2,479	2,056	1,706	1,315	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
	27	3,690	3,421	2,771	2,473	2,052	1,703	1,314	0,855	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
	28	3,674	3,408	2,763	2,467	2,048	1,701	1,313	0,855	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
	29	3,659	3,396	2,756	2,462	2,045	1,699	1,311	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
	30	3,646	3,385	2,750	2,457	2,042	1,697	1,310	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
	31	3,633	3,375	2,744	2,453	2,040	1,696	1,309	0,853	0,682	0,530	0,256	0,127	0,063
	32	3,622	3,365	2,738	2,449	2,037	1,694	1,309	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
	33	3,611	3,356	2,733	2,445	2,035	1,692	1,308	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
	34	3,601	3,348	2,728	2,441	2,032	1,691	1,307	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
	35	3,591	3,340	2,724	2,438	2,030	1,690	1,306	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
α		0,001	0,002	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,95